ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO MISTA E INDUSTRIALIZADA – COMPARAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS PARA APLICAÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL[1]

FILLA, G. P. T., Universidade Estadual de Londrina, email: filla96@hotmail.com; PAULINO, R. S., Universidade Estadual de Londrina, email: rafaellaspaulino@gmail.com. TORALLES, B. M., Universidade Estadual de Londrina, email: betoralles@gmail.com

ABSTRACT

Due to the broad usage of industrial settlement mortar in structural brickwork, it becomes necessary to know about its physical and mechanical properties, just as well as the validation of its viability in constructions. In this way, this paper has the objective of analyzing properties of industrial mortar in comparison to the conventional mortar, as well as verify the coverage of industrial mortar in function of blocks compressive trenght. In order for this work to come to fruition, 3 different types of industrial mortar and 3 types of conventionalmortar were crafted. In turn, the final results showed that industrial mortar displayed great potential in structural brickwork application, due to the fact that they have satisfactory compression strength while showing great incorporated air rate, covering blocks with 20, 14 and 8 MPa. Besides that, in comparison with the conventional mortar, the industrial mortar has a racionalized fabrication process, presenting a greater quality control.

Keywords*: Industrial settlement mortar. Conventional mortar. Structural brick work.*

1 INTRODUÇÃO

A busca constante pelo desenvolvimento de novas tecnologias construtivas racionalizadas propicia a introdução de novos materiais no setor da construção civil. Entre esses materiais, têm-se as argamassas industrializadas, que surgiram, em nível internacional, a partir dos anos de 1950, e têm obtido destaque no país, desde o final do século 20.

Nos últimos anos, o grande número de relatos a cerca da incidência de manifestações patológicas em alvenarias de blocos de concreto, confirma a importância do aprofundamento do estudo sobre as características e as propriedades das argamassas utilizadas para o assentamento.

Dessa maneira, o trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade da aplicação das argamassas industrializadas na alvenaria estrutural, por meio da análise de suas propriedades no estado fresco e endurecido, comparando-as com as características das argamassas mistas.

[1] FILLA, G. P. T., PAULINO, R. S., TORALLES, B. M. Argamassa de assentamento mista e industrializada – comparação entre as propriedades físicas e mecânicas para aplicação em alvenaria estrutural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Proriedades das argamassas como densidade de massa, incorporação de ar, resistência à compressão e módulo de elasticidade influenciam o bom comportamento da alvenaria estrutural.

2.1 Incorporação de ar e densidade de massa

O fenômeno da incorporação de ar é ocasionado, principalmente, pelo processo de mistura mecânica que introduz ar na argamassa, especialmente quando se utilizam aditivos incorporadores de ar.

A densidade das argamassas, por sua vez, é um indicativo da compacidade da mesma e varia com o teor de ar presente na mistura e com a massa específica dos materiais constituintes, principalmente do agregado (CARASEK, 1997).

2.2 Resistência à compressão

Na alvenaria estrutural é importante notar que as argamassas devem resistir aos esforços em que a parede está submetida, mas não deve exceder a resistência do bloco, de maneira que as fissuras que venham a ocorrer no conjunto ocorram na junta. Dessa maneira, a NBR 15961 (ABNT, 2011) recomenda que a resistência da argamassa de assentamento não deve exceder 70% da resistência do bloco em área líquida.

2.3 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade é uma propriedade que define como se dá a transferência de tensões em um elemento. Caso a capacidade de deformação da argamassa não for compatível com as tensões geradas sobre ela, a argamassa de assentamento será rompida, podendo ocorrer prejuízos à sua funcionalidade (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Cimento Portland (CP II-F-32), cal hidratada, areia quartsoza de rio, proveniente do Rio Paraná e água foram os materiais utilizados

A análise granulométrica e a caracterização física da areia apresentam-se na Tabela 1, na qual também constam as caracterizações físicas do cimento e da cal.

As características das argamassas industrializadas estão descritas no Quadro 1.

Tabela 1 - Caracterização física da areia, cimento e cal

Materiais	Ensaios realizados	Norma	Valor	Unidade
Areia	Módulo de finura	NBR NM 248:2003	1,820	-

	Dimensão máxima característica	NBR NM 248:2003	1,2	(mm)
	Classificação	NBR NM 248:2003	Fina	-
	Massa unitária – estado solto	NBR NM 45:2006	1,492	(g/cm³)
	Massa unitária – estado compactado	NBR NM 45:2006	1,640	(g/cm³)
	Massa específica	NBR 9776:1987	2,62	(g/cm³)
	Teor de material pulverulento	NBR NM 46:2003	2	(%)
Cimento	Massa específica	NBR NM 23:2001	3,00	(g/cm³)
	Finura	NBR 11579:2012	10,5	(%)
Cal	Massa específica	NBR NM 23:2001	3,11	(g/cm³)
	Finura (Peneira nº 30)	NBR 9289:2000	0,3	(%)
	Finura (Peneira nº 200)	NBR 9289:2000	10,8	(%)

Fonte: Os autores

Quadro 1 – Especificações das argamassas industrializadas

Item	**Característica**
Composição	Areia Calcária Cimento Portland CPII-Z-32 Cal Hidratada CH-2
Forma	Granulado
Estado Físico	Sólido
pH	10
Densidade Seca	1,60 a 1,65 ton/m³
Densidade úmida	2,02 a 2,08 ton/m³
a/ms	0,175 a 0,204

Fonte: O fabricante

A quantidade de água recomendada pelo fabricante é de 4,4 e 5,1 litros por saco de 25 kg. Tendo em vista a consistência fixada em 260 ± 10 mm, conforme NBR 13276 (ABNT, 2005), utilizou-se 1 litro de água para 5,555 kg de argamassa anidra, resultando em uma relação água/materiais secos de 0,18.

3.2 Métodos

3.2.1 Critério de escolha das argamassas

A escolha das argamassas industrializadas baseou-se nos valores nominais de resistência à compressão, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Especificações das argamassas industrializadas

Denominação das Argamassas	**Classe de Resistência (MPa)**
I_A	4,0
I_B	6,0
I_C	8,0

Fonte: Os autores

A partir dessa escolha, determinou-se os traços, em massa, das argamassas mistas, a fim de se obter uma aproximação das resistências à compressão entre I_A e M_A, I_B e M_B, I_C e M_C, tendo em vista a análise da viabilidade de aplicação das argamassas dos tipos A, B e C.

Os consumos de materiais utilizados para produção das argamassas mistas, bem como a relação água/cimento (a/c) e água/materiais (a/ms) encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumo de materiais para produção de 4 kg de argamassa e relações a/c e a/ms

Nomenclatura	Traços	Cimento (g)	Cal (g)	Areia (g)	Água (ml)	a/c	a/ms
M_A	1:0,5:4,5	0,667	0,333	3,000	1500	1,00	0,167
M_B	1:0,75:5,25	0,571	0,429	3,000	1607	1,25	0,179
M_C	1:1,25:6,75	0,444	0,556	3,000	1700	1,70	0,189

Fonte: Os autores

3.2.2 Confecção das argamassas

A confecção das seis diferentes argamassas foi realizada seguindo os procedimentos de mistura estabelecidos pela NBR 13276 (ABNT, 2005). Após a sua produção, os corpos de prova cilíndricos foram moldados, conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996), Figura 1, e curados ao ar até as idades estabelecidas para ensaio (7 e 28 dias).

Figura 1 – Corpos de prova cilíndricos



Fonte: Os autores

3.2.3 Ensaios realizados

No estado fresco, as argamassas foram avaliadas quanto à densidade de massa e ao teor de ar incorporado, segundo a NBR 13278 (ABNT, 2005). No estado endurecido, avaliou-se quanto àresistência à compressão (ABNT NBR 15961-2, 2011) e módulo de elasticidade dinâmico (ABNT NBR 15630, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estado fresco

4.1.1 Densidade de massa e teor de ar incorporado

As densidades de massa e os teores de ar incorporado medidos nos corpos de prova de argamassa são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Densidade de massa e teor de ar incorporado das argamassas

Tipo	Dens. De Massa (g/cm³)	Sd	CV (%)	Teor de ar Incorporado (%)	Sd	CV (%)
M_A	2,13	0,018	0,86	3,10	0,30	9,68
M_B	2,09	0,026	1,26	3,45	0,28	8,13
M_C	2,06	0,005	0,25	3,97	0,24	6,01
I_A	2,31	0,005	0,22	10,40	0,24	2,35
I_B	2,30	0,006	0,27	10,85	0,29	2,71
I_C	2,31	0,036	1,55	9,88	0,99	9,98

Fonte: Os autores

Gráfico 1 – Densidade de massa

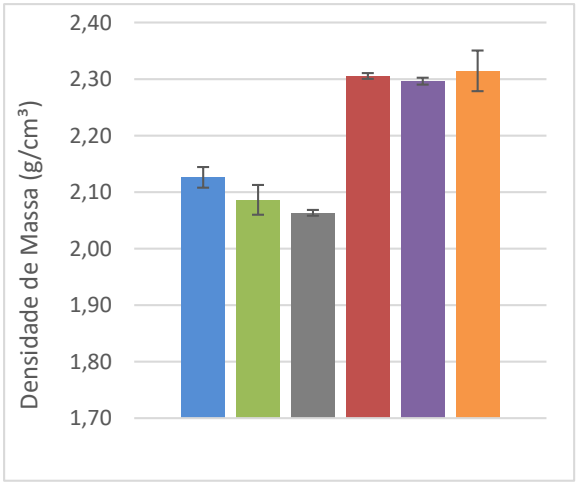
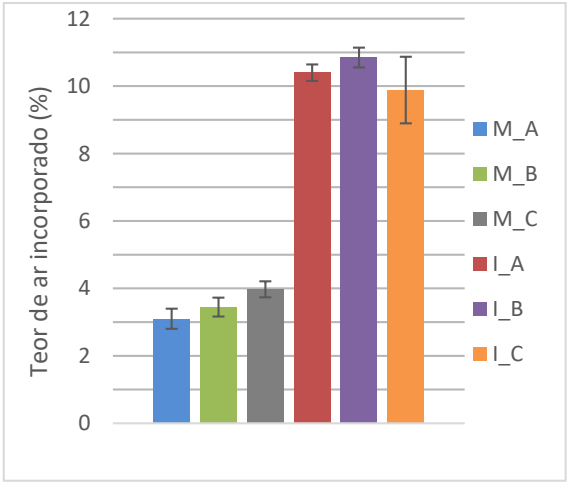


Gráfico 2 – Teor de ar incorporado



Fonte: Os autores

Verificou-se que o aumento de cal nas argamassas mistas conferiu um maior teor de ar incorporado e consequentemente, uma redução na massa específica das mesmas (MANSUR, 2006). Os valores desta propriedade variaram de 3 a 4%, o que corrobora com os apontados por Nakakura (2004) e Casali *et al*. (2001), que afirmam que durante a mistura, o ar incorporado atinge, no máximo, 3 a 4% para as argamassas mistas, embora possa ser aumentado com o emprego de aditivos incorporadores.

As argamassas industrializadas, por sua vez, apresentaram valores de densidade de massa aproximados entre si, provavelmente devido à ter se mantido fixa a quantidade água incorporada à mistura. Os valores de teor de ar incorporado variaram entre 9% e 11%. De acordo com Casali *et al.* (2001), em algumas argamassas industrializadas, que contém aditivos, o teor de ar

incorporado pode chegar a 47%, em cinco minutos durante o processo de mistura.

4.2 Estado endurecido

4.2.1 Resistência à compressão

A Tabela 4 apresenta os resultados médios das resistências à compressão dos corpos de prova das argamassas.

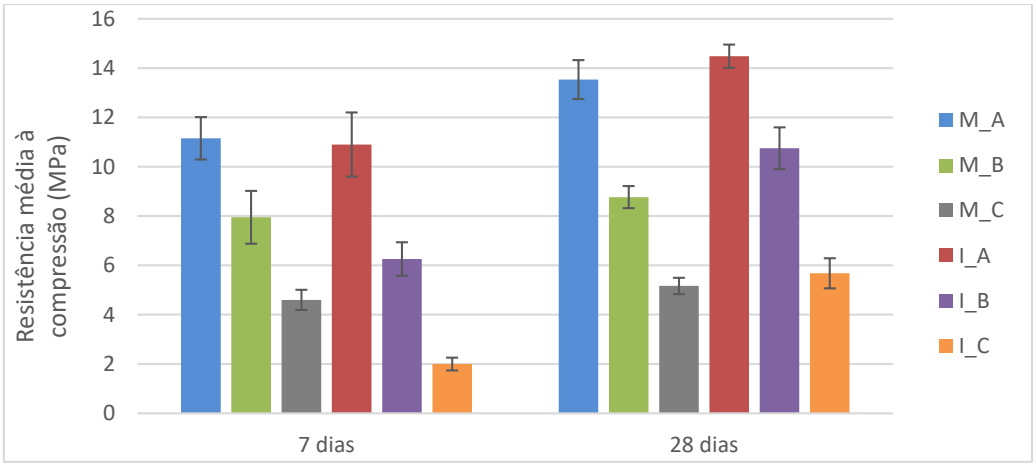
Tabela 4 – Resistência média à compressão das argamassas

Tipos de Argamassa	Classe de Resistência* (MPa)	7 dias			28 dias		
		Resistência Média (MPa)	Sd	CV (%)	Resistência Média (MPa)	Sd	CV (%)
M_A	-	11,15	0,86	7,71	13,53	0,79	5,84
M_B	-	7,95	1,07	13,46	8,77	0,45	5,13
M_C	-	4,60	0,41	8,91	5,17	0,33	6,39
I_A	8,0	10,90	1,30	11,93	14,48	0,47	3,25
I_B	6,0	6,26	0,68	10,86	10,75	0,85	7,91
I_C	4,0	2,00	0,26	13,00	5,68	0,61	10,74

***** Classe de resistência aos 28 dias.

Fonte: Os autores

Gráfico 3 – Resistência média à compressão das argamassas



Fonte: Os autores

Verificou-se que aumentar a quantidade de cal comprometeu a resistência das argamassas mistas. Para as argamassas industrializadas, notou-se que todas apresentaram resistências características superiores às nominais, possivelmente devido à abrangência do intervalo da quantidade de água que poderia ser utilizado.

Baseando-se na NBR 15961 (ABNT, 2011) e tendo em vista a utilização dos blocos de concreto comumente mais empregados na alvenaria estrutural (14x19x39cm), verificou-se que a argamassa do tipo A pode ser utilizada para o assentamento de blocos com resistência à compressão de até 20 MPa, a

argamassa do tipo B, para blocos de até 14 MPa e a do tipo C, para blocos de até 8 MPa.

4.2.2 Módulo de elasticidade dinâmico

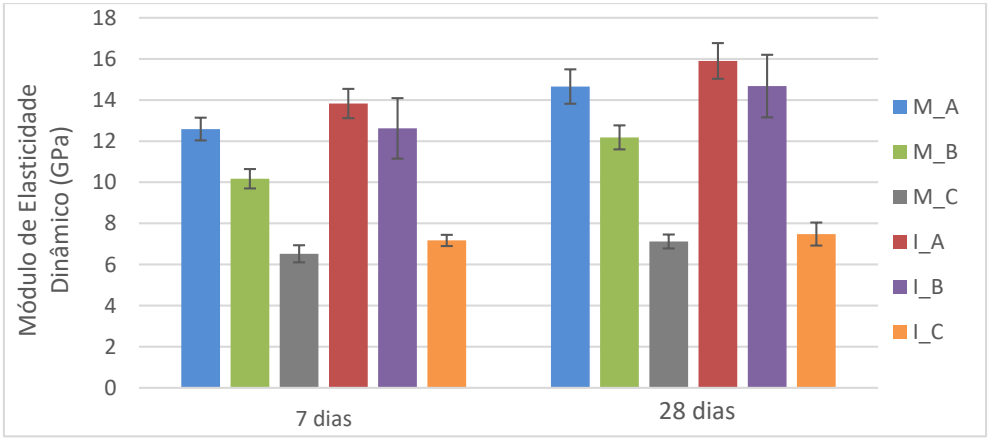
O módulo de elasticidade das argamassas foi calculado a partir da velocidade de propagação da onda ultrassônica, por meio da equação descrita na NBR 15630 (ABNT, 2008), cujos resultados médios são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Módulo de elasticidade dinâmico das argamassas

Tipos de Argamassa	7 dias			28 dias		
	Média (GPa)	Sd	CV (%)	Média (GPa)	Sd	CV (%)
M_A	12,59	0,55	4,39	14,48	0,83	5,75
M_B	10,17	0,47	4,63	12,26	0,79	6,41
M_C	6,52	0,42	6,39	7,25	0,30	4,10
I_A	13,83	0,71	5,17	15,90	0,87	5,48
I_B	12,62	1,47	11,66	14,67	1,52	10,35
I_C	7,17	0,27	3,82	7,48	0,56	7,44

Fonte: Os autores

Gráfico 4 – Módulo de elasticidade dinâmico das argamassas



Fonte: Os autores

Conforme apresentado na Tabela 5, o aumento da resistência à compressão das argamassas influi diretamente no aumento da sua rigidez, para ambos os tipos de argamassas. A incorporação de cal diminui a rigidez das argamassas e permite a acomodação das movimentações intrínsecas à alvenaria.

A argamassa I_A foi a que apresentou o módulo mais alto, 14,67GPa, seguida da argamassa M_A, podendo ser um indicativo de menor capacidade de absorção de deformação entre as argamassas estudadas.

5 CONCLUSÕES

Embora as argamassas industrializadas tenham apresentado alto teor de ar incorporado, isto não comprometeu a resistência à compressão das mesmas,

mantendo-se na classe de resistência estabelecida. Concluiu-se que as mesmas apresentaram desempenho satisfatório com relação às características analisadas em comparação às argamassas mistas, confirmando a viabilidade de sua utilização. Concluiu-se ainda que, embora a NBR 15961 (ABNT, 2011) sugira o valor máximo para a resistência da argamassa de assentameto em relação à resistência do bloco em área líquida, a norma não restringe a condição mínima para uso.

REFERÊNCIAS

_____. **NBR NM 23**: Cimento portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 248**: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 9289**: Cal hidratada para argamassas - Determinação da finura. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 9776**: Agregados - Determinação da massaespecífica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 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, 2005.

_____. **NBR 15360**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos –Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15961-2**: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

CARASEK, Helena. Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas. In:SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1997

CASALI, J. M.; OLIVEIRA, A. L.; SANTOS, S., CALÇADA, L. M. L., PRUDÊNCIO JR., L. R. **Avaliação da Influência do Processo de Mistura na Resistência à Compressão de Argamassas para Assentamento de Alvenaria Estrutural**. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 4, Brasília, DF, 2001.

MARTINS, Leidimara Aparecida. **Desenvolvimento de argamassa autoadensável de alta resistência**. 2011. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Concreto. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994. 616 p.

NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento. In:** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2004. 8 p.