

FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA MISTA UTILIZANDO AREIA CONTAMINADA COM RESÍDUOS DE REJEITO DA BARRAGEM DE FUNDÃO – MARIANA/MG

Anderson Nascimento Milagres

Graduando em Engenharia Civil - Univiçosa
anmilagres@gmail.com

Gian Fonseca Dos Santos

Graduando em Engenharia Civil - Univiçosa
gianfonseca7@gmail.com

Yann Freire Marques Costa

Graduando em Engenharia Civil - Univiçosa
yann-marques@hotmail.com

Danilo Segall Cesar

Graduando em Engenharia Civil - Univiçosa
danilosegall@hotmail.com

Klinger Senra Rezende

Mestre em Geotecnia pela Universidade Federal de Viçosa - Professor Integral na Univiçosa
klingers15@hotmail.com

Adonai Gomes Fineza

D.Sc. Engenheiro Civil/ Geotécnico - Gestor do Curso de Engenharia Civil da Univiçosa
adonaifineza@yahoo.com.br

William Rosário dos Santos

Mestre em Eng. Agrícola - Especialista em Ensino de Física - Licenciado em Física - UFV - MG. Professor nos Cursos de Eng. Civil e TI - ESUV/UNIVIÇOSA
wrsbilly@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento de uma argamassa fabricada com areia contaminada com o resíduo gerado na exploração de minério de ferro, como matéria prima em substituição da areia comum para confecção de argamassa. Realizou-se a confecção de um traço usualmente utilizado em obras civis convencionais, sendo este de composição 1:2:9. Realizaram-se os ensaios da argamassa no estado fresco: ensaio de índice de consistência e retenção de água, densidade de massa e teor de ar incorporado. No estado endurecido realizaram-se os ensaios de densidade de massa aparente, resistência a tração na flexão e a resistência a compressão. Estes ensaios serviram para classificação quanto aos padrões estabelecidos pela NBR 13281 (ABNT, 2005), e verificou-se que o comportamento mecânico da argamassa se apresentou dentro da classe P2 na compressão e, R1 na tração. Em relação a densidade de massa aparente no estado endurecido: classe M4; já na densidade de massa no estado fresco, classificou-se como D5. Sendo assim, considera-se que este material pode ser usado na produção de argamassas de revestimento.

Palavras-chave: Minério. Construção civil. Argamassa.

ABSTRACT

This paper aimed to study the behavior of a mortar produced using sand contaminated with the residue generated in the exploitation of iron ore, as raw material replacing the common sand for the production of mortar. A dosage has been prepared in a conventional proportion, which is the recipe 1: 2: 9. The mortar tests were performed in the fresh state, the consistency and water retention index test, mass density and the incorporated air content. And in the hardened state the bulk density, flexural tensile strength and compressive strength tests were performed. These tests were used to classify according to the standards established by NBR 13281 (ABNT, 2005), and it was verified that the mechanical behavior of the mortar was within the class P2 in the compression and R1 in the tensile strength by the classification, in relation to the mass density Apparent in the hardened state in class M4, already in the mass density in fresh state D5. Therefore it is considered that it can be used in the production of coating mortars.

Keywords: Ore. Civil construction. Mortar.

1. INTRODUÇÃO

A argamassa é um item fundamental para a construção civil, pois ela, basicamente, proporciona impermeabilidade e estabilidade para a edificação. Consiste em uma mistura homogênea constituída de agregados miúdos, aglomerante e água usando basicamente areia, cal, cimento e água. Sua aplicação se dá em contrapisos, revestimentos internos e externos, assentamentos de alvenaria, cerâmica, entre outros.

Sua função varia de acordo com a aplicação, sendo exemplos:

- Em alvenarias de assentamento de tijolos, a argamassa tem a capacidade de uni-los;
- Em revestimentos de acabamento, como chapisco, emboço e reboco, tanto na área interna quanto a externa, com objetivo de proteger contra umidade.

A argamassa apresenta diversas funções de relevante importância para a construção civil, por isso, é comum o investimento em novas tecnologias que tentam viabilizar o custo.

Neste contexto e buscando-se um aspecto sustentável, pressupõe-se que a utilização de um agregado que contenha minerais de maior densidade, como o rejeito de minério de ferro, seja uma possível solução tecnológica que pode ser empregada na construção civil com intuito de viabilizar o custo na produção

da argamassa, pois, apresenta características semelhantes à areia convencional usada atualmente.

Segundo Pires & Mattiazzo (2008), dentre as opções de disposição final, a reutilização de resíduos é, sem dúvida, a mais interessante, seja do ponto de vista econômico ou ambiental e, muitas vezes, social.

Desta forma, a presente pesquisa buscou caracterizar, física e mecanicamente, uma argamassa contendo agregado miúdo proveniente da lama da barragem de Fundão, avaliando seu desempenho para aplicações na construção civil.

1.1. HISTÓRICO DA ARGAMASSA

De acordo com Leal (2012) as primeiras argamassas foram produzidas e utilizadas há mais de 10.000 anos, devido às necessidades do homem de construir seus abrigos e necessitar de um material que aglutinasse no restante dos elementos de construção. Com a invenção do fogo foi possível estudar os efeitos do calor sobre os gessos e calcários, melhorando suas características aglutinantes, em contato com a água, levando a uma evolução da produção de argamassas. O primeiro aglomerado não hidratado que surgiu foi a cal hidratada, um pó branco e fino. Os agregados nas argamassas surgiram com a civilização Romana, através da utilização da cal aérea constituída por cinzas vulcânicas ou pozolanas, pó e agregados de tijolo ou telha e materiais orgânicos (gorduras), com

objetivo de conferir a hidraulicidade e aumentar a durabilidade das construções. Com a degradação das construções em ambientes marítimos, foi preciso desenvolver novos ligantes hidráulicos, sendo o pioneiro nesses estudos o engenheiro John Smeaton (1724-1792), com o estudo aplicado no 4º farol de Eddystone (Plymouth, Inglaterra).

De acordo com WESTPHAL (2004 *apud* SILVA, 2006), no Brasil, a argamassa passou a ser utilizada no primeiro século para assentamento de alvenaria de pedra (largamente utilizada na época). A cal utilizada na argamassa era obtida através da queima de conchas e mariscos. O óleo de baleia era também muito utilizado como aglomerante.

1.2. CONCEITO DE ARGAMASSA E REVESTIMENTO

De acordo com Cichinelli (2011), as argamassas de revestimento podem ser industrializadas ou viradas em obras. Ambas possuem a função de proteger a parede contra intempéries e ação do meio externo, além de proporcionar acabamento e regularização da parede, sendo composta basicamente de cimento, cal, areia, água. Contudo, a argamassa de revestimento industrializada contém areia produzida a partir de um processo mais controlado, com menos contaminação, além de possuir melhor distribuição granulométrica facilitando seu manuseio.

De acordo com as proporções

entre os constituintes da mistura e sua aplicação no revestimento, a argamassa recebe diferentes nomes em seu emprego (NBR 13529/1995):

- **Chapisco:** Camada de preparo da base, constituída de mistura de cimento, areia e aditivos, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.
- **Emboço:** Camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base com ou sem chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.
- **Reboco:** Camada de revestimento utilizada para o cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.
- **Massa Única (emboço paulista):** Revestimento executado numa camada única, cumprindo as funções do emboço e reboco.

1.3. CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

As argamassas podem ser classificadas em função de vários parâmetros: composição, processo de fabricação, tipo de uso, etc.

Segundo Carneiro (1993), se os constituintes básicos das argamassas são: cimento, cal, areia e água, tem-se uma variedade muito grande de possibilidades em função das proporções adotadas para cada constituinte durante a operação conhecida como dosagem. Ainda, é possível utilizar aditivos que permitem intervir e controlar determinadas características de uma mistura. Assim, existem argamassas compostas por:

- Areia + Cal;
- Cimento + areia; e
- Cimento + Cal + Areia.

O maior teor de cimento corresponde a maior resistência, enquanto maior teor de cal proporciona mais trabalhabilidade e maior resiliência. As argamassas podem ser viradas no canteiro de obra ou pré-misturado industrialmente, sendo a água adicionada na obra. Baseada na sua versatilidade, podem ser utilizadas em situações diversas com requisitos diferentes e condições ambientais variadas. Em função destes fatores, têm-se classes de argamassas que atendem necessidades específicas. As tabelas da NBR 13281/05 mostram as exigências mecânicas e reológicas esperadas das argamassas. (DÉSIR, 2010.)

1.3.1. ARGAMASSA DE CAL

De acordo com Paixão (2013) este tipo de argamassa é composto por

cal, agregado miúdo e água. A pasta de cal preenche os vazios entre os grãos do agregado miúdo, melhorando a plasticidade e a retenção de água. A argamassa de cal recebe usualmente o nome de argamassa intermediária, pois quando se utiliza a cal virgem este tipo de argamassa é utilizado para a maturação da cal, para posteriormente ser misturado o cimento.

1.3.2. ARGAMASSA DE CIMENTO

Segundo Silva (2006), a argamassa de cimento Portland é composta, essencialmente, por cimento, agregado miúdo e água. Adquire elevada resistência mecânica em pouco tempo, porém, tem pouca trabalhabilidade e baixa retenção de água. Este tipo de argamassa tem emprego específico para certas situações, como por exemplo na confecção de pisos como argamassa armada, sendo raramente utilizadas em revestimentos de alvenaria. É muito utilizada na confecção de chapisco para ser aplicada nas paredes de alvenaria e estruturas de concreto para aumentar a resistência de aderência do revestimento de argamassas mistas.

1.3.3. ARGAMASSA MISTA

Este tipo de argamassa utiliza basicamente cimento, cal, agregado miúdo e água. É utilizada principalmente em revestimentos e assentamentos de alvenaria.

1.4. REJEITO DE MINERAÇÃO

Segundo a NBR 13028 (ABNT, 2006), rejeito é “todo e qualquer material não aproveitável economicamente, gerado durante processo de beneficiamento de minério”.

Atualmente, o Brasil é um grande produtor de rejeitos de minério de ferro. Segundo Fundação Estadual do Meio Ambiente-FEAM (2014), existem cerca de 542 barragens destinada para armazenamento desses rejeitos. Além disso, o Instituto de Pesquisa Tecnológicas (IPT), estima que o crescimento de rejeito irá aumentar consideravelmente no período de 2010-2030.

Segundo Cavallet (2013), rejeito de barragem de minério de ferro é constituído essencialmente pelo óxido de alumínio, óxido de ferro e óxidos de silício, sendo esse último elemento o mesmo da areia natural.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. MATERIAIS

A areia contaminada com o rejeito da barragem de minério de ferro utilizado como matéria prima para a produção de argamassas foi coletada após ser dragada em um areal contaminado com os resíduos do rejeito do rompimento da barragem. Após a coleta, no laboratório de Materiais de Construção Civil – UNIVIÇOSA as amostras da areia

foram peneiradas e armazenadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e identificados.

O cimento utilizado como aglomerante para produção das argamassas do trabalho experimental foi o Cimento Portland CPII E 32, de acordo com os requisitos das NBR 5735/91 e NBR 5737/92.

A cal utilizada no experimento foi a Cal Hidratada CH I, tipo magnésiana, indicada para preparo de argamassa de emboço, reboco e assentamento de tijolos e blocos, de acordo com os requisitos da NBR 7175/03.

2.2. PRODUÇÃO DA ARGAMASSA E MOLDAGEM

2.2.1. DOSAGEM

A argamassa foi produzida baseada no traço clássico de 1:2:9 em volume, que corresponde em massa a 1:1,099:14,048. A quantidade de água foi baseada no ensaio de Preparo da mistura e determinação do índice de consistência – NBR 13276.

2.2.2. MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

As moldagens dos corpos-de-prova prismáticos foram realizadas respectivamente de acordo com NBR 13279/05 (Figura 1), quantidade conforme especificada pelas normas dos ensaios realizados no estado endurecido, de acordo com as idades

estabelecidas pelo experimento. Os corpos-de-prova foram desmoldados em 24 horas e curados ao ar livre à temperatura de 25° C e umidade relativa de 60% (Figura 2).



Figura 1: Moldagem dos Corpos de Prova

2.2.3. CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

Foram realizados na argamassa, no estado fresco, ensaios de índice de consistência - NBR 13276/05 e densidade de massa e teor de ar incorporado - NBR 13278/05.

2.2.3. CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

No estado endurecido, realizaram-se ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão - NBR 13279/05 e densidade de massa aparente - NBR 13280/05. Nos ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão, os corpos-de-prova foram rompidos após serem curados durante 3, 7 e 28 dias ao ar livre.

3. RESULTADOS

Os resultados de caracterização da argamassa em estudo são apresentados na Tabela 1.



Figura 2: CPs na cura ao ar livre.

3.1. ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

O índice de consistência da argamassa composta com agregados contaminado, foi previamente estabelecido com um valor de 260 ±10mm de abertura, conforme recomendado pela NBR 13276/05. Para este valor de consistência, obteve-se a relação água/cimento (a/c) de 2,275:1.

3.2. DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO FRESCO

Através do ensaio realizado de acordo com a NBR 13278/05, obteve-se o valor de densidade de massa no estado fresco da argamassa igual a 1,916 g/cm³.

3.3. TEOR DE AR INCORPORADO

Através do ensaio realizado de acordo com a NBR 13278/05, obteve-se o valor referente à porcentagem de teor de ar incorporado da argamassa igual a 13,89%.

3.4. DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO ENDURECIDO

Através do ensaio realizado de acordo com a NBR 13280/05, obteve-se o resultado de densidade de massa no estado endurecido da argamassa igual a 1,73 g/cm³.

Tabela 1: Resultados de caracterização da argamassa com areia contaminada com rejeito

TRAÇO 1:2:9 EM VOLUME						
Argamassa	Densidade da massa fresca (g/cm ³)	Teor de ar incorporado (%)	Índice de consistência			Densidade da massa endurecida (g/cm ³)
			Dosagem de água (g)	Consistência requerida (mm)	Consistência determinada (mm)	
Areia com Rejeito	1,916	13,89	455	260 ± 10	268	1,73



Gráfico 1: Resistência à Compressão.

3.5. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Através dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13279/05, obtiveram-se os resultados referentes à resistência à compressão da argamassa conforme o Gráfico 1.

3.6. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Através dos ensaios realizados

de acordo com a NBR 13279/05, obtiveram-se os resultados referentes à resistência à tração na flexão da argamassa conforme o Gráfico 2.

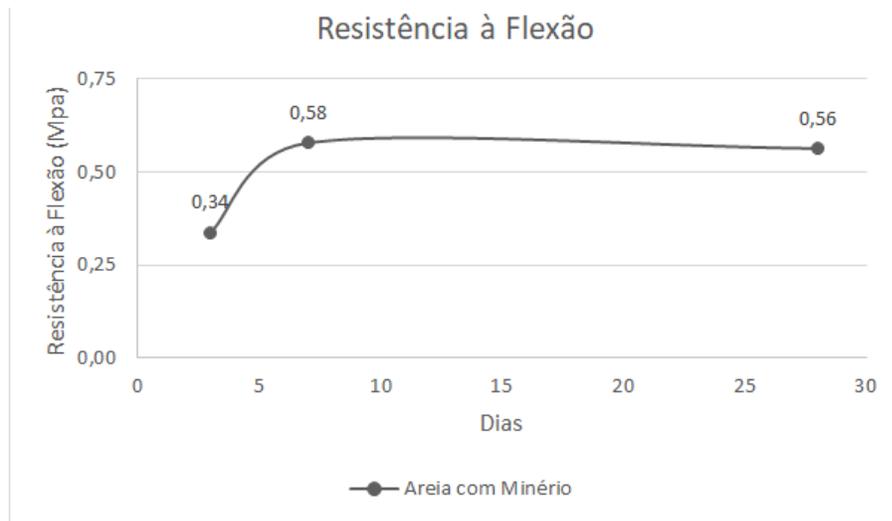


Gráfico 2: Resistência à Flexão.

4. CONCLUSÕES

O comportamento mecânico da argamassa composta com areia contaminada apresentou-se dentro da classe P2 na compressão e R1 na tração pela classificação da NBR 13281/05. Em relação a densidade de massa aparente no estado endurecido na classe M4, já na densidade de massa no estado fresco D5.

Os resultados apresentados para a areia contaminada relacionam-se aos trabalhos preliminares de investigação, sendo ainda necessários estudos mais detalhados e específicos do tema. Ainda assim, considera-se a possibilidade de utilização desta areia na produção de argamassas de revestimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13028: *Elaboração e apresentação de projeto*

de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276: *Agregados – Preparo da mistura e índice de consistência.* Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13278: *Densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado.* Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: *Resistencia à tração na flexão e compressão.* Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

NORMAS TÉCNICAS. NBR 13280: *Densidade de massa no estado endurecido*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos*. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: *Resistencia à compressão em cimento Portland*. Rio de Janeiro, 1996.

CARNEIRO, Arnaldo Manoel Pereira. *Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia-sistemática das empresas de construção civil de porto alegre*. Diss. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993.

CAVALLET, Luiz Ermindo; DE CARVALHO, Sebastião Garcia; NETO, Paulo Fortes. *Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos*. Revista Ambiente & Água, v. 8, n. 3, p. 229, 2013.

CICHINELLI, G. C. *Argamassa de Revestimento*. Revista Equipe de Obra, São Paulo, dez. 2011.

DÉSIR, J. M., *Alvenaria Estrutural: Argamassas*. Reportagem — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. *Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2013*. Belo Horizonte: FEAM, 2014. Disponível em: 2014.

LEAL, M. M. R. *Desenvolvimento de argamassas de revestimento com comportamento térmico melhorado*. 2012. 215f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – EST Barreiro/IPS.

PAIXÃO, Suelen de oliveira. *Estudo do uso de resíduo cerâmico de obras como agregado miúdo para a fabricação de argamassas para revestimento de alvenarias*. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PIRES, A. M. M.; MATTIAZZO, M. E. *Avaliação da viabilidade do uso de resíduos na Agricultura*. Jaguariúna: EMBRAPA, 2008. 9p. Circular Técnica, 19.

SILVA, N. G. *Argamassa De Revestimento De Cimento, Cal E Areia Britada De Rocha Calcária*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.