

Influência do teor de água de mistura nas propriedades mecânicas e reológicas de argamassas elaboradas com finos de resíduo da flotação do cobre sulfetado**Influence of the mixed water content on the mechanical and rheological properties of mortars made with sulfected copper floating waste fines**

DOI:10.34117/bjdv6n6-595

Recebimento dos originais:08/05/2020

Aceitação para publicação:26/06/2020

Dilson Nazareno Pereira Cardoso

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA

Instituição: Universidade Federal do Pará – UFPA

Endereço: 66075-110, Belém, PA, Brasil

E-mail: dnpcardoso@gmail.com

Alcebíades Negrão Macêdo

Doutor em Engenharia de Estruturas

Instituição: Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, EESC-USP, Brasil

Endereço: 66075-110, Belém, PA, Brasil

E-mail: anmacedo@ufpa.br

Lêda de Azevedo Racanelli

Mestre em Engenharia de Processos

Instituição: Universidade Federal do Pará – UFPA

Endereço: 66075-110, Belém, PA, Brasil

E-mail: lbsracanelli@hotmail.com

Emanuel Negrão Macêdo

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Instituição: Universidade Federal do Pará – UFPA

Endereço: 66075-110, Belém, PA, Brasil

E-mail: enegrao@ufpa.br

José Antônio Da Silva Souza

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA

Instituição: Universidade Federal do Pará – UFPA

Endereço: 66075-110, Belém, PA, Brasil

E-mail: jass@ufpa.br

Wenderson Gomes dos Santos

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA

Instituição: Universidade Federal do Amazonas- UFAM

Endereço: 66075-110, Belém, PA, Brasil

E-mail: wenderson@ufam.edu.br

Romero Moreira de Oliveira

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA
Instituição: Universidade Federal do Pará – UFPA
Endereço: 66075-110, Belém, PA, Brasi
E-mail: romeroengquimico@gmail.com

Emerson Cardoso Rodrigues

Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA
Instituição: Universidade Federal do Pará – UFPA
Endereço: 66075-110, Belém, PA, Brasil
E-mail: mersone7@yahoo.com.br

RESUMO

O trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e químicas de argamassa elaborada com adição resíduo de Minério de Cobre Sulfetado, nas proporções de 1/3 (cimento/resíduo) e 28 a 40% na relação água/aglomerante, tendo como resposta a porosidade aparente e a resistência a compressão do material estudado. As caracterizações das matérias-primas foram realizadas através de técnica de fluorescência de Raios X e análise granulométrica a Laser. Para produção da argamassa foi formulado três traços, sendo que para cada traço foram feitos 3 corpos de prova, num total de 30 corpos de prova avaliados em 7, 14 e 28 dias. Em cada período foram submetidos aos ensaios físicos de porosidade aparente e resistência à compressão axial. Os resultados mostraram que os traços com teores de 40% de água diminuíram a porosidade acompanhado ao ganho de resistência.

Palavras-chave: Argamassas, Resíduos, Minério de Cobre Sulfetado.

ABSTRACT

The work aims to evaluate the physical and chemical properties of mortar made with the addition of sulfuric copper ore residue, in the proportions of 1/3 (cement / residue) and 28 to 40% in the water / binder ratio, with the answer the apparent porosity and the compressive strength of the studied material. The characterizations of the raw materials were performed using the X-ray fluorescence technique and laser particle size analysis. For the production of the mortar, three lines were formulated, and for each line 3 specimens were made, in a total of 30 specimens evaluated in 7, 14 and 28 days. In each period, they were subjected to physical tests for apparent porosity and resistance to axial compression. The results showed that the traces with 40% water content decreased the porosity together with the resistance gain.

Keywords: Mortars, Waste, Sulphide Copper Ore.

1 INTRODUÇÃO

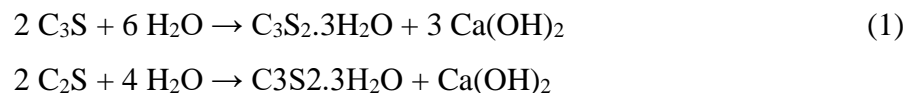
As argamassas são formadas pela composição de agregados, aglomerantes, água e eventualmente aditivos. No estado fresco, assume-se que estas composições são suspensões concentradas de partículas sólidas (agregados) imersas em um líquido viscoso (pasta ou matriz). O cimento é o principal aglomerante presente nas misturas, sendo este composto por clínquer e ainda pela adição como fíler, calcário, cinza volante ou escória de alto forno

dependendo do tipo comercial do cimento. Os agregados utilizados em argamassas são os agregados miúdos (RAMACHANDRAN, 2001 e L. SENFF, D. HOTZA, 2010).

O estudo da inserção de água nas misturas das argamassas é de fundamental importância, tanto na sua aplicabilidade quanto no seu processamento (RAMACHANDRAN, 2001).

Na parte micro estrutural o mecanismo de dissolução-precipitação ocorre enquanto houver água suficiente na mistura. Os pequenos núcleos de produtos hidratados formados inicialmente vão crescendo, unindo-se uns aos outros, formando um novo sólido contínuo com o formato desejado. Quando, devido a quantidade de produtos hidratados, a reação de hidratação prossegue por mecanismo topo químico, cada vez mais lento, uma vez que a água precisa penetrar por difusão através da camada hidratada, cada vez mais densa e espessa (FREIRE e BERALDO, 2003)

O contato do cimento com a água provoca o processo de hidratação dos seus componentes principalmente os silicatos como silicato tricálcico (C3S) e silicato dicálcico (C2S), que liberam hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 em grande quantidade, sendo este último segundo alguns autores, aproximadamente 25% dos compostos hidratados, e sua formação pode ser representada, de acordo com METHA E MONTEIRO (2001), através das equações 1 abaixo.



Esse mecanismo tem grande influência posteriormente nas características das argamassas no estado endurecido.

Logo este trabalho tem como objetivo avaliar o teor de água na mistura e obter um melhor entendimento da inserção de diferentes teores de água nas pastas elaboradas, o que influi posteriormente nas características de seu estado endurecido.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização mineralógica do RMCS, utilizou-se a técnica de Espectrometria de fluorescência de raios X e difração de raios X (Axios Minerals da marca PANalytical)

As amostras foram analisadas em dois modos de preparação:

I) Disco fundido: 1 g de amostra + 6 g de fundente (tetraborato de lítio – $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$), mistura fundida a 1000°C por 10 min.

II) Pastilha prensada: 3,0 g de amostra + 0,9 g de aglomerante (cera de parafina), mistura prensada com uma carga de 20 toneladas.

Usou-se o *software* Super Q Manager da PANalytical para o tratamento de dados.

A análise de difração de raios-X (DRX) ocorreu no difratômetro de raios-X do modelo X'Pert Pro MPD (PW 3040/60) PANalytical, com goniômetro PW3050/60(θ - θ) e com tubo de raios-X cerâmico de anodo de Co ($K\alpha_1=1.540598\text{\AA}$) modelo PW3373/00, foco fino longo, filtro $K\beta$ de Ni, detector X'Celerator RTMS (Real Time Multiple Scanning) no modo *scanning* e com *activelength* 2.122° . Foram usadas as seguintes condições instrumentais: varredura 4° a 75° 2θ , 40 kV, 30 mA, passo 0.02° em 2θ e tempo/passo de 20 s, fenda fixa $1/4^\circ$ e anti-espalhamento $1/2^\circ$, máscara 10mm, movimento da amostra *spinning*, com 1 rps.

2.1 CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL

As caracterizações microestruturais dos corpos de prova das argamassas foram efetuadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando um modelo HITACHI, TM 3000, Brasil.

2.2 ELABORAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

O material residual utilizado para a confecção dos corpos de prova foi RMCS, peneirado para retirada de todas partículas grossas e interferentes orgânicos e em seguida separado em passante 100# para o seu posterior uso.

Para a elaboração dos corpos de prova utilizou-se uma relação água /aglomerante (a/ag) segundo a Equação 2.

$$\text{Porcentagemdesólidos} = \frac{M_{\text{sólidos}}}{M_{\text{sólidos}} + M_{\text{água}}} \quad (2)$$

Para a realização da pesquisa foi estabelecida a utilização de 28 a 40% de água na mistura numa proporção de 1/3 (cimento/resíduos), estabelecendo corpos de prova em triplicata. A metodologia de confecção dos traços foi feita, misturando os sólidos e em seguida adicionando água de mistura de acordo como estabelecido. Para a completa homogeneização

das misturas utilizou-se um misturador mecânico da marca SOLDTEST com capacidade de 130 Litros.

2.3 ENSAIOS

Após a cura de 28 dias dos corpos de prova, realizaram-se os ensaios de porosidade aparente. Os ensaios de resistências à compressão dos corpos de provas de argamassas foram conduzidos em **PRENSA EMIC SSH300** no Laboratório de Materiais de Engenharia Civil (LEC) da Universidade Federal do Pará.

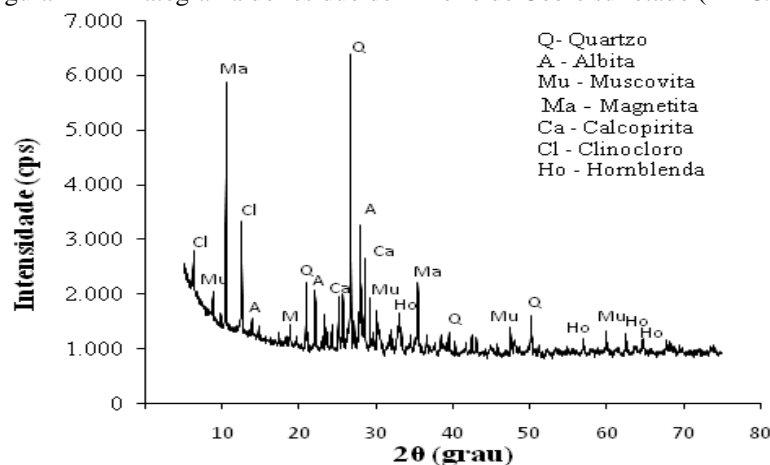
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DIFRAÇÃO DE RAIOS X DO RMCS

Os resultados obtidos através da análise de DRX na Figura 1, mostraram de forma significativa três principais picos de composições minerais presentes na amostra em estudo, onde esses foram classificados como Quartzo (SiO_2), destacando-se como principal na amostra, seguidos de Albita ($\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$), Clinocloro ($(\text{Mg,Fe})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$), Calcopirita (CuFeS_2), Muscovita ($\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3$), Hornblenda ($\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg, Fe})_4(\text{Al, Fe,Ti})\text{AlSi}_8\text{AlO}_{22}(\text{OH},\text{O})_2$) e Magnetita (Fe_3O_4).

Cabe reforçar que o quartzo e a albita são os minerais que possuem os picos com maior intensidade na composição. A presença do mineral de quartzo pode ser confirmada nos difratogramas devido a presença dos picos em $20,834^\circ$ o maior em $26,651^\circ$ e $50,108^\circ$ grau. A presença do mineral albita também é confirmada nos difratogramas devido a ocorrência dos picos em $13,847^\circ$, $23,527^\circ$ e o maior em $28,097^\circ$, que são picos característicos deste mineral.

Figura 1 – Difratograma do resíduo de minério de Cobre sulfetado (RMCS).



3.2 ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X (FRX) DO RMCS

Os resultados de fluorescência de raios X do RCMS mostrados na Tabela 1, mostraram que de uma forma geral ocorre a predominância de óxidos de silício (SiO_2) com 44,49 % evidenciando sua origem proveniente do processo de exploração do cobre sulfetado que se dá em grandes profundidades na crosta terrestre. Os demais óxidos identificados, foram: Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , MgO , MnO , SO_3 e K_2O e podem ser advindos de outras etapas do processo de beneficiamento do cobre.

Tabela 1 - Análise de Fluorescência de raios X do RMCS.

Material	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	Na_2O	MgO	MnO	TiO_2	SO_3	P_2O_5	K_2O
RMCS	44,49	11,19	9,46	23,05	-	5,34	0,007	-	1,7	-	0,87

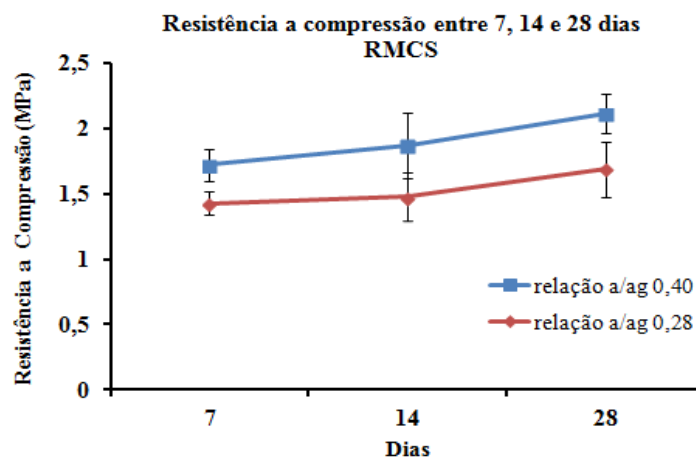
3.3 ANÁLISE DOS CORPOS DE PROVA PARA 7, 14 E 28 DIAS

Analisando os resultados da Figura 2, verificou-se que a medida que ocorreu a diminuição da relação a/ag de 0,28 para 0,40 aumentou-se a resistência à compressão para as argamassas produzidas a partir do resíduo 01(RMCS).

Em relação ao fator a/ag, verifica-se que para a relação a/ag de 0,28 considerando os 7 dias de cura os corpos de prova apresentaram valor de resistência de aproximadamente 1,42 Mpa, chegando aos 28 dias, com resistência de 1,7 MPa, o que de acordo com a norma ABNT NBR 13281 o classifica como argamassas tipo I utilizadas para assentamento e revestimento de paredes e tetos.

Para o fator a/ag 0,40 analisados aos 7 dias de cura, percebeu-se que os resultados tiveram uma elevação de sua resistência até os 28 dias, indo de 1,72 até 2,11MPa.

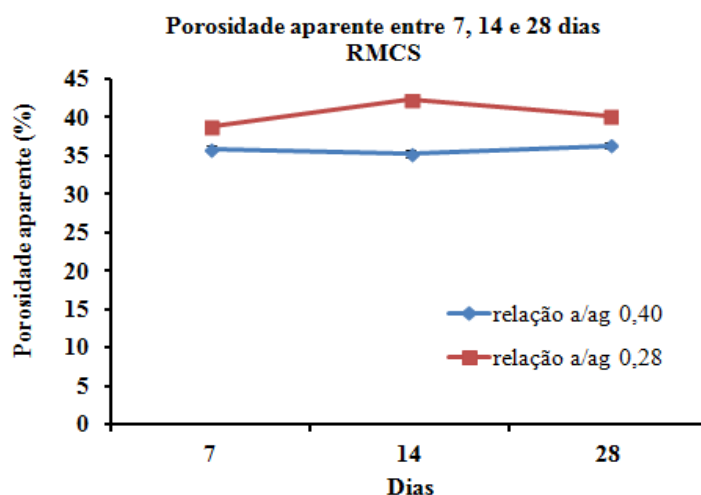
Figura 2 - Gráfico de resistência a Compressão das argamassas produzidas com RMCS entre 7, 14 e 28 dias nas relações a/ag de 0,28 e 0,40.



Na análise de porosidade aparente verificadas na Figura 3, observou-se o aumento dessa propriedade de acordo com o aumento da relação a/ag de 0,28 para 0,40 nos traços das argamassas analisadas, esses resultados concordam com os resultados de resistência a compressão descritos no item anterior pela relação inversa que ocorre entre a resistência a compressão e a porosidade.

Esse aumento de porosidade nos corpos de prova analisados pode estar relacionado diretamente com o teor de água quimicamente combinada, o que propicia maior espaço livre para o crescimento dos cristais de etringita que geralmente possuem uma dimensão considerada a partir do início da cura do material, no entanto quando essa água encontra-se em excesso parte desse fluido que não foi utilizado na reação de cura evapora-se fazendo que ocorra a formação de poros de dimensões micrométricas influenciando na diminuição de sua resistência.

Figura 3 - Gráfico de porosidade aparente das argamassas produzidas com RMCS entre 7, 14 e 28 dias nas relações a/ag de 0,28 e 0,40.



4 CONCLUSÃO

Em relação às principais etapas de caracterizações desses materiais, os resultados permitiram concluir que os resíduos estudados se enquadram dentro das características de agregado miúdo e pozolânico realizados de acordo com as normas NBR 7211/2009, NBR15115/2004.

Referente ao teor de água na mistura das argamassas, constatou-se que para RMCS a relação a/ag de 0,40 foi a mais adequada nas proporções das misturas, por apresentar maiores valores de resistência mecânica, e ao mesmo tempo reduzindo os valores de porosidade aparente para os corpos fabricados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA), ao Laboratório de Engenharia Civil pela disponibilização do equipamento de ensaio de resistência a compressão e ao Laboratório de Geociência pelas análises de caracterizações das matérias primas.

REFERÊNCIAS

____ABNT, “NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos- Requisitos”, Rio de Janeiro, 2005.

____ABNT, NBR 7211: “Agregados para concreto” – Especificação, Rio de Janeiro, 2009.

____ABNT, “NBR 7215: “Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão”, Rio de Janeiro, 2004.

V.S. Ramachandran, J.J.Beaudoin, **Handbook of analytical techniques in concrete science and technology**, New York, Noyes / William Andrew, 2001.

L. Senff, D. Hotza, W.L. Repette, **Comportamento reológico de pastas de cimento com adição de sílica ativa, nanossílica e dispersante policarboxílico** Revista Matéria, v. 15, nº 1, p. 012 – 020, 2010.

J.W .Freire, L.A . Beraldo. **Tecnologia e materiais alternativos de construção**“, Editora UNICAMP, 2003.

P. K .Mehta;P. J. M .Monteiro,. **CONCRETE Microstruture, Properties and Materials**, 2001. 239 p.

M. H. C .Botelho;O. MarchettiI. **Concreto Armado, eu te amo**. Vol6. 507 p. ed. São Paulo: Blucher, 2010.