

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SINTERIZAÇÃO EM MASSA CERÂMICA COM ADIÇÃO DE CAREPA/RESÍDUO DE LAMINAÇÃO

J.G. Meller, A.B.C Arnt, M.R.da Rocha
Engenharia de Materiais - Universidade do Extremo Sul Catarinense - Av.
Universitário, 1105 – Universitário – Caixa Postal 3467 - CEP 88806-000 –
Criciúma – SC – joana.gmeller@gmail.com
Laboratório de Fenômenos de Superfícies e Tratamentos Térmicos – LFSTT

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da temperatura de sinterização de cerâmica vermelha de queima branca com adição de carepa, resíduo de laminação de aço. Este resíduo constituído de óxidos de ferro teve a função de substituir pigmentos utilizados em materiais cerâmicos. Após caracterização química e microestrutural, a carepa foi adicionada na proporção de 5% a massa de cerâmica. As formulações foram submetidas às temperaturas de queima de 900°C, 950°C e 1000°C, e avaliadas quanto às características físicas de perda ao fogo, retração linear de queima, absorção de água e resistência à flexão em 3 pontos e ensaio de colorimetria. Os resultados indicam que as diferentes temperaturas de queima influenciaram na resistência e na tonalidade dos corpos de prova ensaiados.

Palavras chaves; carepa, cerâmica vermelha, temperatura

INTRODUÇÃO

As atividades siderúrgicas são responsáveis pela geração de diversos tipos e quantidade de resíduos passíveis de reciclagem, sendo que ha um grande estudo na reutilização da maioria desses materiais. Devido à crescente preocupação com as questões ambientais, muitas indústrias passaram a investir em novas alternativas buscando solucionar os problemas decorrentes da sua geração e disposição. Os principais resíduos conseqüentes do processo siderúrgico são: escórias, pós e lamas de alto-forno e aciaria, carepas e os finos de carvão e minério. Dados do Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS) apontaram para o fato de que, no ano de

2011, a indústria do aço produziu cerca 19,2 milhões de toneladas de resíduos, com uma média de 600 kg/t de aço produzido. ⁽¹⁾

A necessidade, por parte do mercado, de produtos cerâmicos novos dotados de propriedades funcionais com uma melhor qualidade, tem notadamente estimulado a pesquisa em direção à aplicação de materiais com baixo custo. A maior parte das pesquisas demonstrou a importância da reciclagem na proteção ambiental e no desenvolvimento tecnológico.

A utilização dos resíduos pelas indústrias cerâmicas pode ser viabilizada pela substituição de uma ou mais matérias-primas da sua composição original, mantendo-se o processo de produção.

A carepa, um dos resíduos do processo de laminação a quente de aço, é constituída basicamente de óxidos de ferro, e poderia ser utilizada no setor cerâmico na forma de pigmento. ^(2,3,4) O uso de pigmentos à base de óxidos de ferro neste setor produtivo está baseado nas características de não-toxicidade, estabilidade química, durabilidade, baixo custo e estabilidade de coloração. O elemento ferro presente nestes óxidos age como elemento de absorção de cor, conferindo ao material cerâmico coloração. ^(5,6,7,8)

Define-se como pigmento um particulado sólido, orgânico ou inorgânico, branco, preto, colorido ou fluorescente, que seja insolúvel no substrato no qual venha a ser incorporado e que não reaja quimicamente ou fisicamente com este. A tendência de um pigmento a solubilizar-se na matriz durante a aplicação industrial depende da área superficial específica, e, portanto da distribuição granulométrica. ⁽⁹⁾

Como uma alternativa de utilização do resíduo/sub-produto do processo de laminação, neste trabalho, será estudada a viabilidade de incorporação de carepa de laminação a uma massa de cerâmica vermelha comercial a partir da sinterização em diferentes temperaturas.

METODOLOGIA

A carepa de laminação utilizada foi proveniente de um processo de laminação à quente de chapas de aço carbono. Foi caracterizada por difração de raios-X (*Shimadzu*, modelo XRD 6000), quanto a sua forma e cristalografia e; via fluorescência de raios-X (*Philips*, modelo PW 24000), para identificação de sua composição química (semi-quantitativo). A carepa foi seca em estufa (*Servitech*, mod.CT 242), em 100°C por 24h e desaglomerada. Posteriormente, moída em

moinho de bolas (*Servitech*, modelo CT24m), por 3 horas, em malha 400 mesh ABNT (0,038mm), com rotação de 200rpm.

Na Tabela 1 está representada a composição química da massa cerâmica.

Tabela 1 - Análise química semi-quantitativa da massa cerâmica

Composição	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	SiO ₂	TiO ₂	P.F
%	18,20	0,13	2,73	0,39	0,40	69,88	1,62	6,62

Fonte: Fornecedor da massa cerâmica

A massa cerâmica foi inicialmente seca (*Servitech*, mod.CT 242), em 100°C por 24h e desaglomerada. Posteriormente foi moída em moinho de bolas (*Servitech*, modelo CT24m), em 200 rpm por 1 hora, sendo então peneirada até a malha 18 mesh ABNT (1 mm).

A partir da massa cerâmica foram preparadas duas condições de formulação: uma definida como referência (sem adição de carepa) e outra, com a adição de 5% de carepa (em massa). Foram preparadas 500g de cada formulação. A homogeneização das formulações foi realizada em moinho de bolas com 30% em volume de água, sem a utilização de bolas, durante 24 horas. Na seqüência as massas foram peneiradas em malha 18 mesh e prensadas (prensa hidráulica ICON modelo 2x12-1.5) com força de 30 MPa, na forma de pastilhas (120 mm x20 mm). As amostras com e sem adição de carepa foram secas em estufa a 100°C por 24 horas e então queimadas nas temperaturas de 900°C, 950°C e 1000°C, respectivamente por 2 horas (forno muflado Jung, Mod. 0913 - taxa de aquecimento igual a 3°C/min).

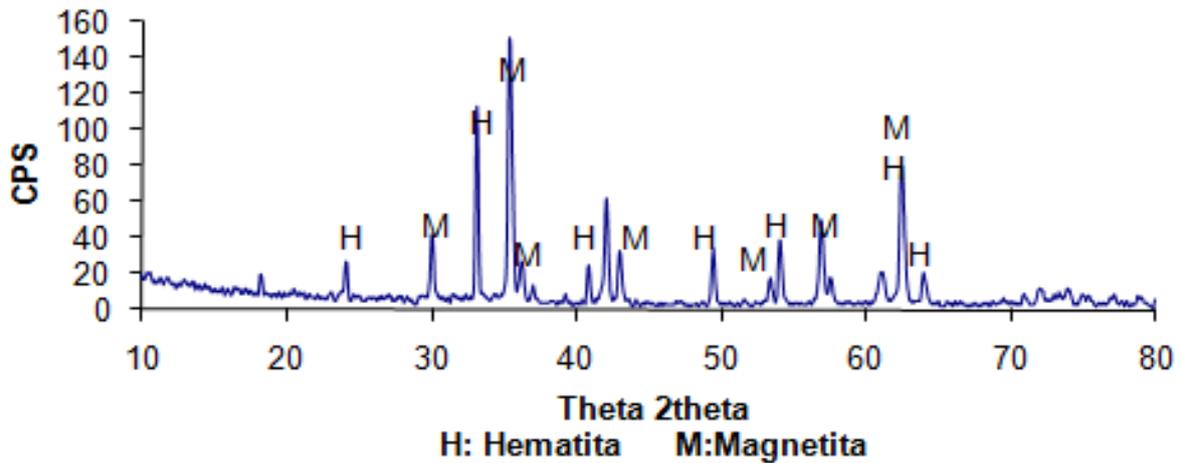
Para cada formulação, foram preparados 12 corpos-de-prova. As amostras foram caracterizadas quanto à perda ao fogo, retração linear de queima, absorção de água (ABNT NBR 15310:2005), ensaio de flexão em três pontos e colorimetria (ABNT 15310:2005).

RESULTADOS

Na Figura 1 são apresentas as estruturas presentes na carepa utilizada. Como esperado, a sua composição é composta de uma mistura de óxidos de ferro com estruturas da magnetita e da hematita. A análise química quantitativa da carepa

mostrou que esta é composta em mais de 94% de óxido de ferro e traços de sílica, alumina e óxido de manganês.

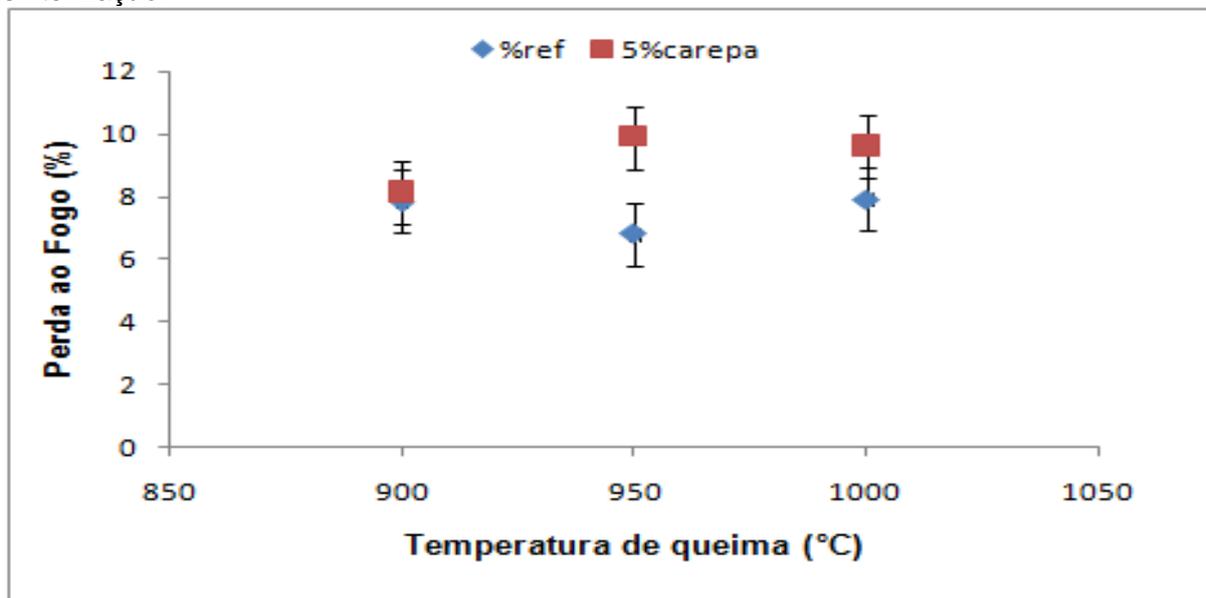
Figura 1 - Difratoograma de raios-X a 900° C da carepa.



Fonte: Autor

O comportamento das amostras no ensaio de perda ao fogo está representado na Figura 2.

Figura 2 – Representação do ensaio de perda ao fogo em função da temperatura de sinterização.



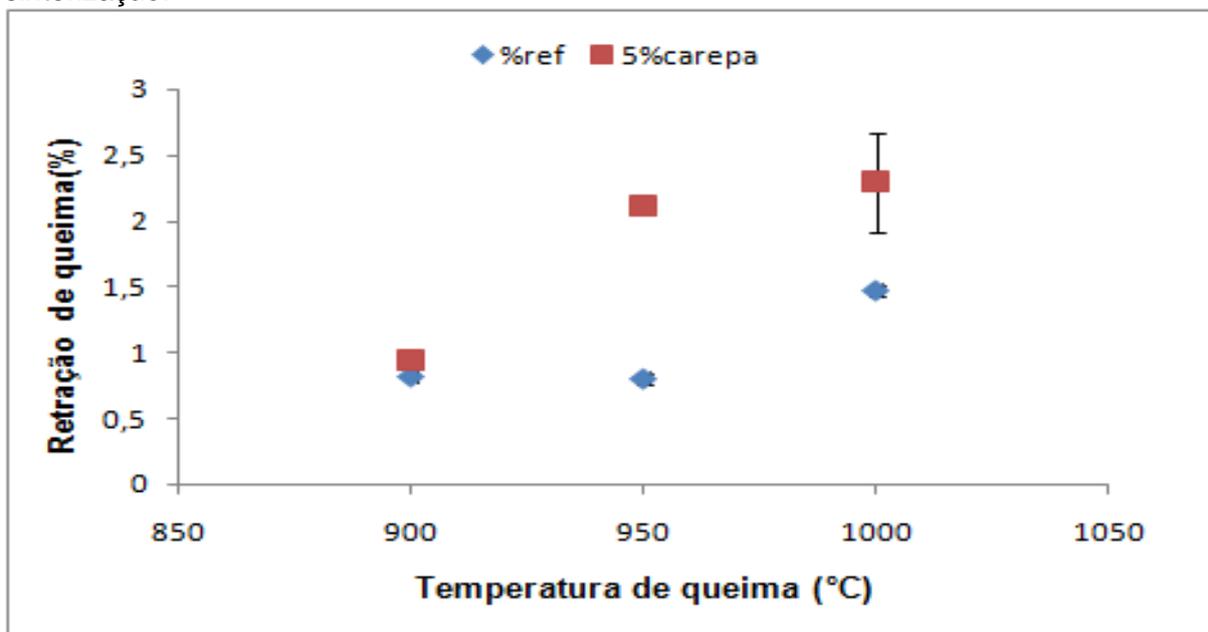
Fonte: Autor

Esse ensaio está relacionado ao teor de matéria orgânica da massa. Pode-se perceber que na temperatura de 900° C as amostras referência, sem carepa, e com adição de 5% apresentaram comportamento semelhante. Nas demais temperaturas

de sinterização (950° C e 1000° C), as amostras com adição de carepa apresentaram valores superiores. Esse comportamento pode ser atribuído à transformação da hematita contida na massa cerâmica padrão e no resíduo adicionado (carepa), para magnetita, ocasionando uma perda de O₂.

Em relação ao ensaio de retração de queima, representado na Figura 3, o comportamento das amostras nas diferentes temperaturas de sinterização foi o esperado. As amostras sinterizadas nas temperaturas de 950 °C e 1000 °C apresentaram maior alteração.

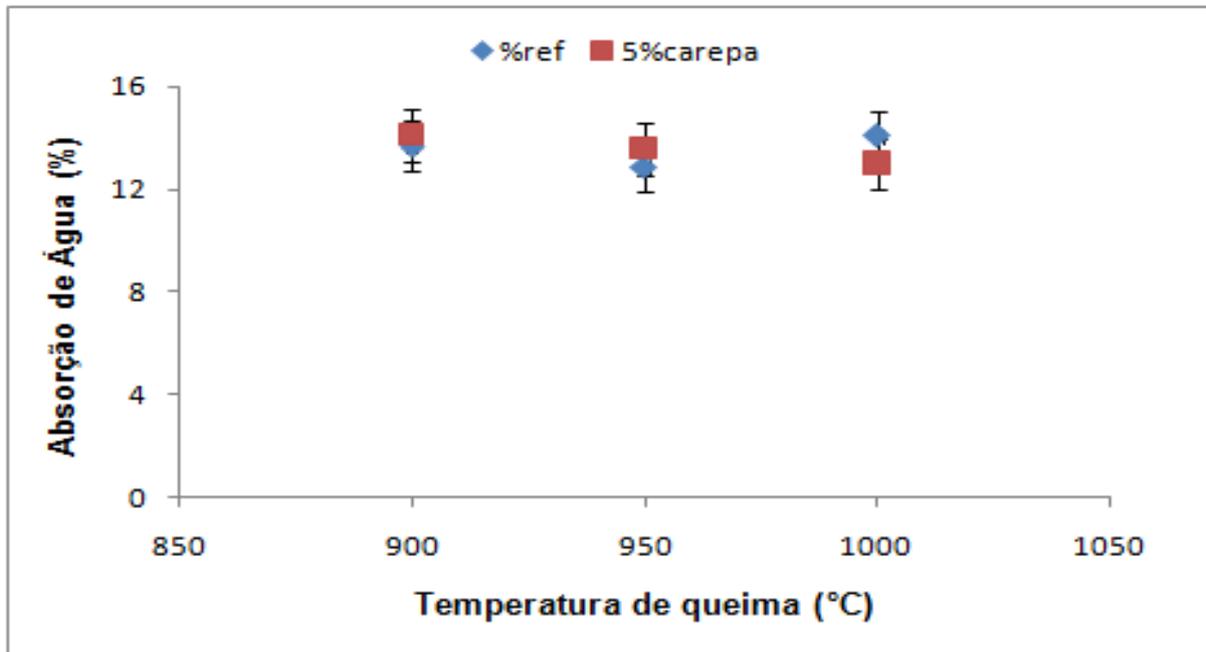
Figura 3 – Representação do ensaio de retração linear em função da temperatura de sinterização.



Fonte: Autor

Com relação ao ensaio de absorção de água, representada na Figura 4, para as diferentes temperaturas de sinterização ensaiadas os resultados apontam discreta alteração. Na temperatura de 900°C ambas as amostras, na condição referência e com adição de 5% de carepa apresentaram absorção de água em torno de 14%. Nas temperaturas de 950°C e 1000°C a absorção de água ficou em torno de 12% e 13%, respectivamente. Este comportamento pode estar relacionado à composição química da massa cerâmica utilizada.

Figura 4 – Representação do ensaio de absorção de água em função da temperatura de sinterização.



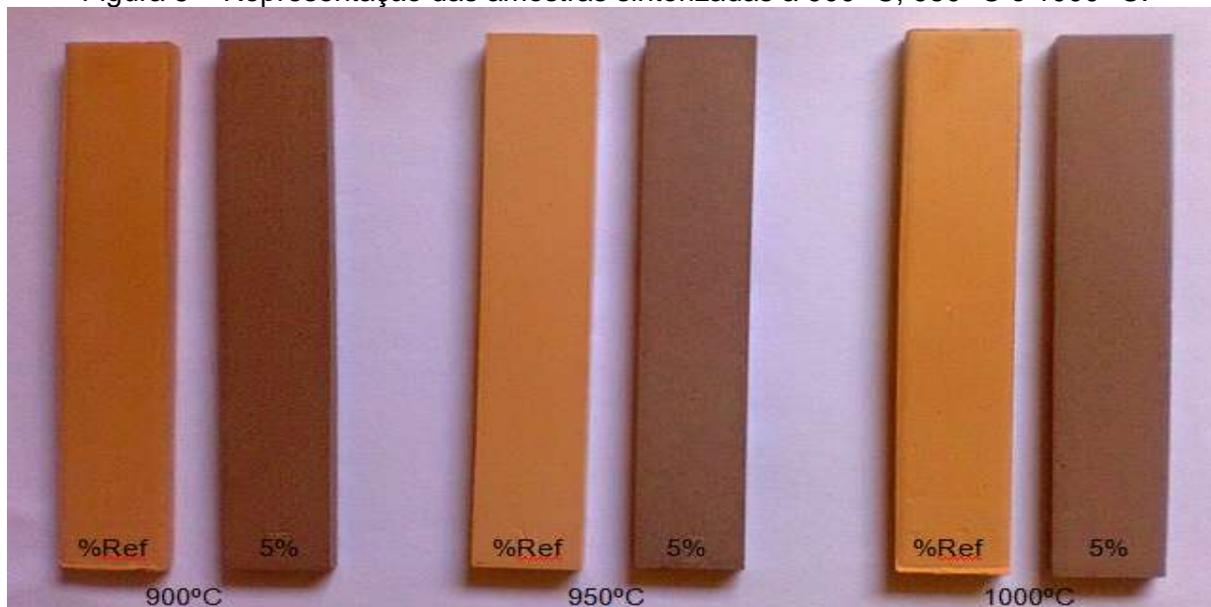
Fonte: Autor

A resposta em relação à resistência mecânica das amostras com adição de 5% de carepa foi significativa. Foram obtidos valores na ordem de 18,36 Mpa para a temperatura de sinterização de 950°C. Na mesma temperatura para as amostras referência foram obtidos valores de 9,24 Mpa. Com relação às demais temperaturas ensaiadas, mesmo com a obtenção de valores de resistência menores, pode-se dizer que ambos atendem à norma brasileira para resistência à compressão para materiais cerâmicos na forma de blocos estruturais.

No ensaio de colorimetria, foi observado que as amostras sinterizadas na temperatura de 900°C, são mais escura ($dL^* = -15,29$), menos vermelha ($da^* = -7,18$) e muito menos amarela ($db^* = -16,48$), com variação de tonalidade muito visível ($dE_{CMC} = 23,59$). O mesmo observa-se para a temperatura de sinterização de 950°C, com adição de carepa a amostra é mais escura ($dL^* = -13,26$), menos vermelha ($da^* = -8,07$) e muito menos amarela ($db^* = -19,19$), com variação de tonalidade muito visível ($dE_{CMC} = 24,68$), e finalmente, na temperatura de sinterização igual a 1000°C, a amostra é muito mais escura ($dL^* = -17,04$), menos vermelha ($da^* = -6,25$) e muito menos amarela ($db^* = -17,94$), com variação de tonalidade muito visível ($dE_{CMC} = 25,51$).

O aspecto visual dos corpos de prova, utilizados no ensaio de colorimetria, de acordo com as diferentes temperaturas de sinterização está representado na Figura 5.

Figura 5 – Representação das amostras sinterizadas a 900° C, 950° C e 1000° C.



Fonte: O Autor.

CONCLUSÕES

A aplicação de carepa, proveniente do processo de laminação de chapas de aço, parece ser promissora, já que permite alterar principalmente a tonalidade das peças que a agreguem em sua composição. Com a adição de 5% de carepa, a uma massa cerâmica padrão, frente a temperaturas de 900°C, 950°C e 1000°C conduz a uma tonalidade vermelha mais escura. Quanto à resposta das propriedades mecânicas, valores na ordem de 19 MPa foram obtidos com a temperatura de 950°C, o que pode viabilizar o uso deste resíduo na fabricação de peças estruturais.

AGRADECIMENTOS

A Cerâmica Ouro Preto Ltda e a Metalúrgica Spillere Ltda pela disponibilidade dos materiais ensaiados e a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, pela disponibilidade da bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIA

(1) METALURGIA E MATERIAIS. Revista Metalurgia e Materiais. MeioAmbiente. **Lixo Não, Subproduto.** Disponível

em:www.revistameturgia.com.br/apresenta2.php?edicao=549&pag_id=449.Acessado em 27/03/2013.

(2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004 Resíduos sólidos, Classificação. Rio de Janeiro; ABNT, 2004.71p.

(3) CUNHA ET all. **Caracterização, beneficiamento e reciclagem de carepas geradas em processos siderúrgicos**. Metalurgia & Materiais. Março, 2006. p.111-116.

(4) MARTINS, F.M. **Caraterização química e mineralógica de resíduos sólidos industriais minerais do estado do Paraná**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Paraná – UFPR. 158 folhas. Curitiba, 2006.

(5) LEGODI, M.A.; WAAL, D. de. **The preparation of magnetite, goethite, hematite and maghemite of pigment quality from mill scale iron waste**. Dyes and Pigments 74 (2007) 161e16. Department of Chemistry, University of Pretoria, 0002 Pretoria, South Africa

(6) VIEIRA, C.M.F.; SOARES, T.M.; SÁNCHEZ, R.; MONTEIRO, S.N. **Incorporation of granite waste in red ceramics**. Materials science and Engineering A373, 2004.p.115-121.

(7) VIEIRA et all. **Incorporation of fine steel sludge waste into red ceramic**. Materials Science and Engineering A427, 2006. p.142-147.

(8) ARNT, A.B.C.; ROCHA, M.R.; MELLER, J.G. P.S. Peruzzo. **Avaliação do comportamento de massa cerâmica com a adição de carepa de laminação**. In. 55 CBC – Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2011. Porto de Galinhas, SP.

(9) SPINELLI, A. **Síntese de pigmento cerâmico contendo óxido de ferro**. 2002. 75f.Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

INFLUENCE OF SINTERING TEMPERATURE ON CERAMIC MASS WITH ADDITION MILL SCALE

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of sintering temperature ceramic red white burning with added mill scale. This residue consisting of iron oxides have the function of replacing pigments used in ceramic materials. After chemical and microstructural characterization, the mill scale was added in the proportion of 5% of the mass of ceramic. The formulations were subjected the firing temperatures of 900 ° C, 950 ° C and 1000 ° C, and evaluated for physical loss to fire, linear shrinkage of burning, water absorption and flexural strength by 3 points and colorimetric test. The results indicate that different firing temperatures influenced the strength and tone of the specimens tested.

Keywords; mill scale, red ceramic, temperature