

## ESTUDO SOBRE O PROCESSO CORROSIVO E A MANUTENÇÃO EMPREGADA NO MISTURADOR DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE CERÂMICA VERMELHA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES

***Luciane Alves Batista Paes***

Graduanda de Engenharia Mecânica/ ISECENSA  
luciane83@yahoo.com.br

***Raphael Berenger Crespo***

Graduando de Engenharia Mecânica/ ISECENSA  
berengerrbc@yahoo.com.br

***Rodolfo Ângelo da Silva***

Graduando de Engenharia Mecânica/ ISECENSA  
rodolfo\_angelo13@hotmail.com

***Thiago de Almeida Machado***

Graduando de Engenharia Mecânica/ ISECENSA  
thiagoam2012@hotmail.com

***Mário Lucas Santana Silva***

Me. em Engenharia de Ciência dos Materiais/ UENF  
mariolucas@ymail.com

### RESUMO

O presente trabalho estuda o processo de corrosão nos misturadores empregados no processamento da argila, tendo como foco as empresas ceramistas do município de Campos dos Goytacazes. Os equipamentos deste tipo em geral são metálicos, de aço carbono, tipo muito susceptível ao ataque corrosivo. Discute-se os diferentes tipos de corrosão e como os problemas gerados devido a este processo, podem ser solucionados/minimizados. Foi realizado junto a 8 empresas ceramistas do município um levantamento dos principais problemas identificados no cotidiano do processo de produção da cerâmica vermelha. São apresentados também os diferentes tipos e características dos processos de prevenção, isto é, as formas de manutenção. Considera-se que a manutenção preventiva seja muito eficiente para uma redução significativa dos gastos das empresas.

**Palavras-chave:** Misturadores. Manutenção.

### ABSTRACT

The following paper studies the corrosion in the mixers used in the processing of modelling clays, focused in the ceramist's companys in the city council of Campos dos Goytacazes. This type of equipment, in general, are metallic, carbon steel, very susceptible corrosive kind of material. It discusses the different types of corrosion and how the problems caused by this kind of process can be solved/minimized. It was accomplished along with 8 ceramist's companys in the city council a surveying about the greatest problems indentified in the red ceramists process of production routine. It is presentend also the different types and features of preventive process, that is, maintenance forms. It is considered the preventive maintenance a very efficient form of lowering the company's costs.

**Key - Words:** Mixers. Maintenance.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria cerâmica brasileira tem grande importância para o país, tendo participação no Produto Interno Bruto (PIB) da ordem de 1,0% (Bustamante e Bressiani, 2000). No Estado do Rio de Janeiro, destaca-se o pólo ceramista de Campos dos Goytacazes, localizado na região do Norte Fluminense, o de Itaboraí/Rio Bonito, o da Baixada Fluminense (Nova Iguaçu) e o pólo do Médio Vale do Paraíba/Três Rios (HOLLANDA & VIEIRA, 2002).

As argilas de queima vermelha são as que mais se destacam entre as substâncias minerais sendo utilizadas na produção de cerâmica vermelha e de revestimento. No município de Campos dos Goytacazes-RJ há uma grande produção de cerâmica vermelha estimada em  $135 \times 10^6$  peças/mês (FRANCISCO, 2003).

O processo de fabricação da cerâmica consiste no aquecimento da argila, que sofre transformações na estrutura, conferindo-lhe resistência. Desta forma, tal processo demanda muita energia térmica para sua execução. No processo de secagem e queima, o principal combustível usado tem sido a lenha e seus derivados, destacando-se a serragem. Também tem sido utilizados o óleo combustível, carvão mineral, e gás natural, em menor escala (KAWAGUTI, 2004).

Um baixo teor de matéria orgânica e outras impurezas como fundentes minerais de ferro estão presentes na argila. Estes conferem à massa cerâmica a possibilidade de sintetizar, adquirir resistência mecânica a baixas temperaturas de queima (entre 900°C e 1100°C).

O misturador realiza movimentos circulares, permitindo homogeneização da massa e introdução de água na mistura, para a obtenção da umidade (geralmente de 18 a 30%) e plasticidade adequada para extrusão (PAULETTI, 2001).

O tipo de misturador mais utilizado é normalmente horizontal com dupla fila de pás com formato de hélices. A mistura e amassamento são úteis tanto para a argila repousada e antecipadamente umedecida, como para as argilas que recebem umidade na própria máquina (CCB, 2001).

Em geral os materiais em contato com o meio ambiente formam um sistema termodinamicamente instável. De acordo com Merçon *et al.*, (2004) a corrosão é um processo resultante da ação do meio sobre um determinado material, causando sua deterioração. Um exemplo muito comum é a ferrugem (camada de cor marrom-avermelhada) que se forma em superfícies metálicas. Apesar da estreita relação com os metais, esse fenômeno ocorre em outros materiais, como concreto e polímeros orgânicos, entre outros.

Como a corrosão é intrínseca aos metais ferrosos, que representam a maior parte dos equipamentos que constituem uma planta industrial, nos países industrializados, 3-5% do PIB é usado em prevenção, manutenção e substituição de equipamentos metálicos devido a processos de deterioração.

Nesse estudo tem-se como foco a influência da corrosão em materiais metálicos na presença de um meio como o encontrado nos misturadores por isso será dada maior ênfase ao processo de corrosão úmida.

Um sistema de corrosão, portanto é constituído de quatro componentes, que formam a denominada “pilha de corrosão”: anodo, eletrólito, catodo e circuito metálico. A corrosão eletroquímica é mais frequente na natureza e se caracteriza por realizar-se necessariamente na presença de água, na maioria das vezes a temperatura ambiente e com a formação de uma pilha de corrosão (MERÇON *et al.*, 2004).

A umidade relativa existente na atmosfera é responsável pela quebra da camada de óxido que torna possível o ataque localizado. O ferro em atmosfera de baixa umidade relativa praticamente não sofre corrosão: com umidade relativa em torno de 60% o processo corrosivo é lento, mas acima de 70% ele é acelerado.

A prevenção contra a corrosão é considerada a forma mais econômica para se manter adequada a vida útil da estrutura, com os menores custos ao longo do tempo.

De acordo com a pesquisa de Panoni (2003), na prevenção do ataque corrosivo nos materiais, devem ser observados principalmente: a umidade e sujeira retida, cavidades e frestas, juntas soldadas (embora seja melhores do que as parafusadas), necessidade de furos para drenagem da água onde necessário, conexões bimetálicas devem ser evitadas, grandes superfícies planas ou de geometria simples são mais fáceis de proteger, entre outras, acesso adequado para a pintura inicial e para as manutenções posteriores.

Os processos mais empregados para a prevenção da corrosão são a proteção catódica e anódica, os revestimentos e os inibidores de corrosão.

Em determinados meios os inibidores de corrosão demonstram ter boa eficiência. Estes são substâncias químicas inorgânicas ou orgânicas que adicionados causam a redução na taxa de corrosão do material exposto aquele meio (CALLISTER, 2002).

Este trabalho teve por objetivo identificar como as empresas ceramistas da baixada fluminense, do município de Campos dos Goytacazes, lidam com a manutenção de seus equipamentos e para tal procurou-se desenvolver uma metodologia de pesquisa com base em dois tipos principais: Metodologia de abordagem e Metodologia de procedimento.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na metodologia de abordagem tem-se em um primeiro momento, a busca por informações e dados publicados a respeito do tema em estudo (em teses, livros, sites, jornais e revistas especializadas), para que se possa definir que tipo e quais as informações serão mais pertinentes para esse caso específico. Posteriormente quais informações deveriam ser levantadas através de pesquisa

direta. Esta compreende o levantamento de informações primárias através de entrevistas técnicas e observações *in loco* nas empresas.

Na metodologia de procedimento (pesquisa de campo) compreende-se duas fases: uma, (i) de entrevistas com o proprietário ou gerente da empresa; e outra, (ii) de acompanhamento do processo produtivo. Na primeira fase, o proprietário (ou gerente) responde a um questionário-padrão, com informações gerais sobre a empresa, dados relacionados à administração, produtos, mercado, investimentos e estratégias. Na segunda fase, fez-se um acompanhamento *in loco* de todas as etapas do processo produtivo em cada empresa. Além das observações das etapas do processo, cada ponto representativo de diversidade em termos de equipamento, método ou rotina, deve ser fotografado.

A metodologia utilizada consistiu na análise de publicações acadêmicas e de empresas sobre o tema e a Pesquisa Direta. Através desta pode-se reunir um conjunto de informações relevantes ao trabalho e que contribuem com a comunidade da região.

Foram realizadas entrevistas técnicas e observações *in loco* nas indústrias cerâmicas. Considerou-se uma amostra representativa da diversidade tecnológica do pólo ceramista de Campos dos Goytacazes, uma quantidade de oito cerâmicas.

Foram identificados os endereços das cerâmicas presentes no município através de pesquisas em diferentes meios como internet, telefone e pessoalmente. De acordo com Ramos *et al.* (2006), há 100 cerâmicas na região de Campos dos Goytacazes-RJ, e tendo posse destas informações escolheu-se do total, 8 Cerâmicas para serem visitadas.

As cerâmicas, onde foram realizadas as entrevistas, serão identificadas com nomes fictícios visando preservar o sigilo das informações coletadas. Para discussão dos resultados será adotada uma notação alfabética para denominar cada empresa avaliada, da seguinte forma: Cerâmica A, Cerâmica B, e assim por diante, até a Cerâmica H.

As cerâmicas foram escolhidas levando em conta seu padrão de produção, ou seja, as cerâmicas possuíam o mesmo nível de produção de acordo com informações do sindicato. Conforme a tabela 1 seguem as perguntas utilizadas na entrevista:

---

Perguntas

---

1. Em qual parte do equipamento verifica-se maior ocorrência de corrosão?
  2. Qual é a forma de prevenção da corrosão, adotada pela empresa?
  3. Qual é o tipo de manutenção empregada nesse equipamento?
  4. Quais são os agentes considerados causadores de corrosão?
- 

Tabela 1: Perguntas contidas no questionário de avaliação dos principais casos de corrosão da indústria ceramista.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As indústrias brasileiras que atuam no setor de cerâmica vermelha apresentam, via de regra, um grande atraso tecnológico e de gestão. A realidade observada no campo de pesquisa é muito semelhante a nacional. Em sua maioria são empresas de pequeno porte e familiares.

De acordo com Lehmkul (2004) esta característica pode implicar em baixo grau de conhecimento e escassez de recursos, necessários para um melhor rendimento dos processos de fabricação.

Identificou-se que os profissionais direcionados para responder as questões propostas no questionário eram os próprios donos das empresas, responsáveis por todo o processo de gestão. Foi identificado que a formação destes era variada, porém como foram herdeiros destas empresas, não se especializaram, isto é, nenhum apresentou formação específica para atuar no gerenciamento de uma indústria cerâmica.

Neste trabalho teve-se como foco o equipamento denominado de misturador. Todas as empresas tinham em sua linha de produção o mesmo modelo de misturador. Este é um equipamento muito importante no processo de fabricação por ser responsável diretamente pela matéria básica a ser utilizada: a massa cerâmica.

Na cerâmica A, este equipamento está disposto na linha de produção, em um galpão coberto, com iluminação natural e artificial, e o chão de cimento.



Figura 1: Linha de produção da cerâmica A.

Através do questionário identificou-se que o processo de corrosão é maior no cocho do Misturador, onde é feita a mistura das matérias primas. O processo de corrosão no equipamento de acordo com as informações obtidas na entrevista ocorre principalmente pela ação do salito da própria argila, umidade do ambiente, umidade da argila, e a água utilizada no processo de produção. Nesse

equipamento a manutenção preventiva é realizada pela empresa através da aplicação de tintas zarcão. Foi informado que a manutenção corretiva também é empregada.



Figura 2: Misturador, Cerâmica A.

Na cerâmica B, este equipamento está disposto na linha de produção, em um galpão semi-coberto, com iluminação natural e chão de terra batida. Os equipamentos da linha de produção desta cerâmica estão em condições mais favoráveis ao ataque corrosivo. Isso foi observado no acompanhamento feito na empresa.



Figura 3: Linha de produção da cerâmica B.

Comparando-se o misturador da cerâmica A, é possível observar que o misturador desta, apresenta características de maior ataque corrosivo. Foi verificado na resposta dada ao questionário que esse processo é mais intenso também no cocho do misturador, semelhante ao respondido na outra indústria cerâmica.



Figura 4: Misturador, Cerâmica B.

Porém nesta não é realizada nenhuma ação de manutenção preventiva. O tipo de manutenção empregada é a corretiva. A linha de produção é coberta, possui iluminação natural e artificial e o chão é de terra batida.



Figura 5: Corrosão no misturador, Cerâmica B.

Em comparação com os misturadores das cerâmicas A e B, o misturador da cerâmica C estava com um processo de corrosão bem mais acentuado. Nesta cerâmica os fatores apontados como sendo os principais causadores da corrosão no misturador foram iguais aos anteriores: salito da própria argila, umidade do ambiente, umidade da argila, e a água utilizada no processo de produção. Visando a prevenção deste processo de corrosão é realizada a manutenção preventiva de 6 em 6 meses, aplicando-se tintas e graxas nos equipamentos.

Quando necessária é feita a manutenção corretiva.



Figura 6: Misturador, Cerâmica C.

Em comparação com os misturadores mostrados nas figuras 2 e 4, o dessa cerâmica estava com um processo e corrosão bem mais acentuado. Na figura 7 é possível observar esse equipamento.



Figura 7: Corrosão em diversas partes do misturador, Cerâmica C.

As condições observadas no misturador utilizado na Cerâmica D destaca-se a presença de corrosão nas facas do misturador. Nos equipamentos são feitas apenas manutenções do tipo corretiva.



Figura 8: Misturador, Cerâmica D.

Na Cerâmica E, o misturador também apresentava em diversos pontos a presença de ataque corrosivo embora informado no questionário que a empresa faz manutenção preventiva de 6 em 6 meses, utilizando tintas e graxa nos equipamentos (mesma contradição da anterior). A corrosão nesse misturador, assim como nos outros é fica mais evidente no cocho. Já que perfuram esse equipamento provocando o desperdício da matéria prima.



Figura 9: Misturador, Cerâmica E.

Na Cerâmica F, o equipamento estava sem sinais de ataque corrosivo embora nesta cerâmica não sejam realizadas atividades de manutenção preventiva. Apenas a manutenção corretiva é realizada. Observou-se que nessa cerâmica a rotina de produção seja mais controlada, reduzindo a ação dos fatores corrosivos como o salito da própria argila, a umidade do ambiente, umidade da argila, a água utilizada no processo de produção.



Figura 10: Misturador, Cerâmica F.

Na cerâmica G o misturador apresentava sinais de intenso ataque corrosivo, identificou-se com o questionário que apenas a manutenção corretiva é realizada.



Figura 11: Misturador, Cerâmica G.

As respostas obtidas no questionário da Cerâmica H são semelhantes as anteriores no que se refere aos principais fatores considerados como intensificadores do processo de corrosão no misturador. Esta cerâmica também não desenvolve ações de manutenção preventiva, efetuando apenas a manutenção corretiva.



Figura 12: Misturador, Cerâmica H.

De acordo com os dados coletados percebe-se que 100% das empresas cerâmicas estudadas apresentaram a corrosão no misturador sendo fortemente influenciada pelos fatores como salito da própria argila, umidade do ambiente, umidade da argila, e a água utilizada no processo de produção.

No que se refere ao processo de manutenção pode-se observar que a do tipo corretiva predomina sendo realizada por todas as cerâmicas, enquanto que a manutenção preventiva é realizada

apenas por 38%, conforme pode-se observar na figura 13, que apresenta um gráfico sobre o tipo de manutenção realizada pelas empresas participantes da pesquisa.



Figura 13: Tipo de manutenção realizada pelas empresas

#### 4. CONCLUSÕES

Estudar sobre o processo de corrosão em superfícies é importante para propor soluções seja de problemas em peças ou equipamentos. O conhecimento dos tipos de corrosão existentes contribui para identificação de seus mecanismos de atuação e suas causas. Tais informações são importantes para escolha adequada de medidas a serem tomadas para prevenir sua ocorrência ou minimizar os impactos gerados.

As empresas ceramistas do município de Campos dos Goytacazes realizam tanto a manutenção preventiva quanto a corretiva em seus equipamentos. Sendo considerada mais vantajosa e aplicada a manutenção corretiva por razões econômicas e de tempo hábil de trabalho.

Conforme a realidade nacional observada no estudo de diferentes fontes de pesquisa, também nas empresas estudadas observou-se que o profissional responsável por analisar a viabilidade das ações, necessárias para melhoria da qualidade nestas empresas, não tem formação especializada nesta área.

O misturador entre todos os equipamentos é que sofre intensa ação corrosiva devido ao próprio processo produtivo. O misturador tem suas principais peças constituídas por aços e ferro. A corrosão é recorrente em todo o misturador, mas no cocho, nos eixos e pás é mais frequente devido contato direto com a matéria prima, demandando manutenção mais efetiva. Não há uma forma específica de como diminuir a corrosão neste equipamento, porém deve-se atentar à manutenção preventiva para não haver maiores desgastes.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, F.L.F. *Estudo da Formulação de massas cerâmicas provenientes da região do Seridó-RN para fabricação de telhas*. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.

BUSTAMANTE, G.M.; BRESSIANI, J.C. *A indústria cerâmica brasileira*. Cerâmica Industrial, 5 (3) Maio/Jun, 2000.

CCB - Centro Cerâmico do Brasil. *Crêterios do Check List para Avaliação de Telhas Cerâmicas*. São Paulo, 2001.

FRANCISCO, J. L. *Jornal Cerâmica Estrutural*, Coam Gráfica e Editora, Ano 04, n. 37, Santa Catarina, 2003.

GENTIL, V. *Corrosão*. 4ª ed. Livros Técnicos e Científicos: Rio de Janeiro, 2003.

GENTIL, V. *Materiais para equipamentos de processos*. 2ª Ed. Editora Interciência: RJ, 1996.

HOLLANDA, J.N.F. & VIEIRA, M.C. *Análise da situação atual e perspectivas de crescimento do setor de cerâmica estrutural de Campos dos Goytacazes*. Revista Mundo Cerâmico, Abr/Mai, p. 29-31, 2002.

<http://www.abraco.org.br>, visualizado em 20/05/2013.

<http://www.bonfanti.com.br/ceramica/catalogo.aspx?id=4>

<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/4159-corrosao-galvanica>, visualizado em 06/05/2013

KAWAGUTI, W.M. *Estudo do comportamento térmico de fornos intermitentes tipo “Paulistinha” utilizados na indústria de cerâmica vermelha*. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

LEHMKUHL, W.A. *Análise numérica e experimental de um secador contínuo tipo túnel utilizado na indústria de cerâmica vermelha*. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MERÇON, Fábio.; GUIMARÃES, Ivo Canesso.; MAINIER, Fernando Benedito. *Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico*. Revista Química Nova na Escola, nº19, maio de 2004.

PAULETTI, M.C. *Modelo para introdução de nova tecnologia em agrupamentos de micro e pequenas empresas: estudo de caso das indústrias de cerâmica vermelha no vale do rio tijuca*. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PANONI, Fábio Domingo. *A prevenção da corrosão em estruturas metálicas*. Gerdau Açominas S.A., São Paulo, Brasil 2003.

RAMOS, I.S.; ALVES, M.G.; ALEXANDRE, J. *Diagnóstico do Polo Cerâmico de Campos dos Goytacazes-RJ*. Cerâmica Industrial (11):1 Jan/Fev, 2006.

SILVESTRE, B. *Uma análise competitiva do setor ceramista de campos dos Goytacazes*. Dissertação de Mestrado (Ciências de Engenharia, Eng. de Produção), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 2001.

SOARES, R.A.; NASCIMENTO, R.M. *O processo produtivo e a qualidade do produto cerâmico estrutural*. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa, PB, 2007.

TEIXEIRA R.A.; MELCHIADES F.G.; BOSCHI A.O. *A variação das características das argilas e o processo cerâmico*. Revista Cerâmica Industrial, (7): 3. Mai/Jun, p. 29-32, 2002.

TUBINO, L.C.B.; BORBA, P.; BETTANIN, N. *Dossiê Técnico: Etapas do Processo Cerâmico e sua Influência no Produto Final - Massa, Extrusão, Secagem e Queima*, 2006