

A UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE RACIONAL PARA A MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

M.L. Varela¹, Sancha A. Vale³, R.P.S. Dutra¹, R.M. do Nascimento^{1,2}, C.A. Paskocimas¹,
F. L. Formiga¹, J.C. Matias³

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PPGEM
2 - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais
3 - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
CP. 1524 Campus - Lagoa Nova 59072-970 , Natal RN
E-mail: mvarrela@ufrnet.br

RESUMO

A produção de cerâmica vermelha é uma atividade industrial que provoca um intenso impacto ambiental. Os principais efeitos deletérios decorrentes desta atividade são a desertificação de florestas e serrados, devido ao uso irracional da lenha, a degradação do solo, devido a extração da argila e ainda a utilização de grandes áreas para deposição das peças rejeitadas. Esses problemas podem ser minimizados, indiretamente, reduzindo-se o desperdício por meio da análise racional mineralógica. Esta técnica pode ser usada para reduzir o desperdício das matérias-primas utilizadas na fabricação de cerâmica vermelha, permitindo determinar a composição de fases das argilas envolvidas no processo e formular, de posse dessas informações têm-se condições de se formular massas de maneira a se obter um produto final esperado e com o menor desperdício possível. O presente trabalho tem como objetivo informar de que maneira a análise racional além de melhorar a qualidade da cerâmica vermelha pode ser uma alternativa para a minimização dos impactos ambientais do processo produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Análise racional, impacto ambiental e cerâmica vermelha.

1. INTRODUÇÃO

A indústria cerâmica constitui um setor de relevante importância nacional segundo os dados disponíveis, o setor de cerâmica vermelha faturou no ano de 2003 (base 2002) cerca de R\$ 4,2 bilhões (Anuário, 2003), com geração de 214.000 empregos diretos em quase 7.000 unidades produtoras. No Brasil, segundo Bustamante e Bressiani (2000) convencionou-se em definir o Setor Cerâmico em segmentos que se diferenciam pelos produtos obtidos e mais precisamente pelos Mercados aos quais estes se inserem.

Segundo a FIERN (2001) existem no Brasil 11.000 empresas de cerâmica vermelha, o Estado do Rio Grande do Norte possui 159 empresas ativas, a maioria concentrada na região do Vale do Açu e emprega aproximadamente 5.500 pessoas, o equivalente a 5% de todo pessoal ocupado na indústria de transformação do RN e esta indústria produz 83 milhões de peças/mês, sendo 60% telhas e os outros 40% tijolos e lajotas.

O processamento da argila até o produto final é simples inicia-se com a extração da argila da jazida, acréscimo de água a argila, em seguida é homogeneizada, passa pela maromba onde as peças são moldadas, depois secas e queimadas.

A grande maioria das empresas é de gestão familiar tradicional, ou seja, o conhecimento foi adquirido de forma empírica, a maioria dos produtores faz uso de métodos artesanais, herdados de seus antepassados. Com base nesses métodos empíricos determina-se a quantidade de água a ser acrescida a massa, a necessidade ou não de adição de outros materiais (beneficiamento) ou até a mistura com outras argilas, tudo isso na intenção de deixar a massa mais adequada para a fabricação do produto cerâmico e melhorar suas propriedades finais.

A produtividade de 12.000 peças/homem/mês é insignificante em comparação com a europeia de 200.000 peças/homem/mês. A mão de obra é em sua maioria semi-analfabeta com praticamente sem utilização de profissionais formados para dirigir o processo de produção. Estes problemas continuam no mercado consumidor que não exige produtos com especificações definidas, ocasionando a despreocupação dos fabricantes em adaptar suas empresas para demandas maiores, com dimensões padronizadas e qualidade assegurada. (MAFRA, 1999)

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a análise racional como um instrumento para minimizar os impactos ambientais causados na indústria cerâmica, que servirá de base para ações de melhorias no meio ambiente.

2. MÉTODO DE PESQUISA

O método adotado nesta pesquisa consiste numa revisão bibliográfica e de caráter exploratório dos principais impactos ambientais relacionados aos aspectos ambientais envolvidos na produção cerâmica, tais como: a utilização de lenha e a sua extração, uso de energia, utilização da água e deposição final do material, esses aspectos foram quantificados quanto ao seu uso no Estado do Rio Grande do Norte, em seguida foi estudado de que forma a análise racional poderia ser uma ferramenta para minimizar os impactos ambientais tanto de forma direta como de forma indireta.

Do ponto de vista da natureza da pesquisa é classificada como uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos úteis para a aplicação prática, dirigidos a solução de problemas específicos. Quanto à forma de abordagem trata-se uma pesquisa qualitativa, pois não há utilização de métodos, nem técnicas estatísticas.

2.1. O Processo de Fabricação de Cerâmica

O processamento industrial para produção de produtos cerâmicos estruturais, compreende várias etapas que começam na extração da argila na lavra. Esta etapa é iniciada pela retirada da vegetação superficial e escavação da argila na lavra. A mesma é transportada para armazenamento na indústria.

A argila então é umidificada acima do limite de plasticidade (geralmente entre 20 e 25%), e processada em misturadores e homogeneizadores rústicos, sendo conformada a seguir em extrusora (marombas), quando adquirem as suas formas finais (blocos, lajes, lajotas, tubos) através da boquilha (molde) ou seguem para prensagem (telhas).

Após a extrusão, os blocos são empilhados e levados para a secagem à temperatura ambiente ou em estufas. Os blocos secos são sinterizados em fornos e em seguida armazenados para a venda, após o término da produção há a seleção dos materiais cerâmicos e aqueles que não estiverem visivelmente bons, são descartados a céu aberto.

2.2. Argila

O setor de cerâmica vermelha utiliza basicamente argila comum, em que a massa é tipo monocomponente - só argila, e pode ser denominada de simples ou natural, na concepção de Emiliani Corbara (1999). Essa formulação de massa busca, em geral de forma empírica, uma composição ideal de plasticidade e fusibilidade, para propiciar trabalhabilidade e resistência mecânica na queima.

De acordo com Oliveira (1993), as matérias-primas dos tijolos e blocos cerâmicos são constituídas pelas argilas plásticas caulinitica-ilítica em camadas mista com matéria orgânica, óxidos e hidróxido de ferro e alumínio. O material utilizado no processo na maioria das cerâmicas é a puagem, silte argiloso e argila, na proporção de 1:3.

Segundo Oliveira (1993), para a fabricação dos tijolos e blocos cerâmicos, as argilas devem apresentar a propriedade de poderem ser moldadas facilmente e possuir um valor médio ou elevado de tensão ou módulo de ruptura à flexão antes e após queimar. A preparação da massa é feita geralmente através da mistura de uma argila "gorda", que é caracterizada pela alta plasticidade, granulometria fina, e composição essencialmente de argilominerais; com uma argila "magra", esta rica em quartzo e menos plástica, podendo ser caracterizada também como material redutor de plasticidade.

Uma empresa com base média típica do Nordeste (Anuário 2003), com produção mensal de 530.000 peças, com de 35 empregados, consumo de argila de 1.100 toneladas por mês. A lavra normalmente é explorada até sua exaustão, ficando normalmente, após sua utilização, a fossa escavada sem que seja dada uma destinação para sua utilização. As empresas pouco ou tem um plano de recuperação de áreas degradadas, de forma que a extração sem planejamento torna-se predatória.

2.3. Utilização da Lenha

A energia utilizada na queima é obtida através das madeiras da região, sendo atualmente as mais disponíveis a jurema e a catingueira. Segundo Santos (2002) são consumidos de 1,7 a 4,1 m³ para cada 1000 peças, sendo o consumo médio de 2 m³ de lenha na queima de 1000 peças (um milheiro) sendo o consumo mensal de lenha de 180.000 m³ e de 3,2 m³ para a mesma quantidade de lajotas e 2,5 m³, para a telha. A lenha utilizada é extraída por terceiros e comprada na cerâmica a um custo de R\$ 4,80/m³. Em 1998, para uma produção de 5,606 milhões de peças (36,8% de tijolos, 39,9% de lajotas e 23,3% de telhas), a empresa consumiu 17.044 m³ de lenha.

É observado um aumento do custo da aquisição de lenha ao longo dos anos, provocado pelo distanciamento dos locais de extração em relação a localização da cerâmica. Quanto ao desmatamento provocado pelo setor, isto representa 37.384 ha/ano, que corresponde a 52 m³ de lenha, porém já ocorre dificuldade em se obter lenha em algumas áreas, a área devastada pelo setor é de 0,64%, da área nativa do rio Grande do Norte (Santos, 2002).

Uma empresa de porte médio no Nordeste, queima 670 m³ de lenha por mês ou cerca de 12 ha de matas por mês ou o equivalente em área a 14 campos de futebol e meio (Anuário, 2003). Desde 1998, tem sido a meta dos órgãos ambientais em adaptar as indústrias de cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte à utilização do gás natural, em substituição à lenha. No entanto, o objetivo tem sido dificultado em função do baixo custo da lenha. Esse preço (R\$ 8,00/m³ em média), tem sido o grande empecilho na troca da matriz energética, porque o uso da lenha reduz praticamente à metade os custos do processo de produção.

O custo direto aproximado, por fornada, em um forno intermitente para 8.000 tijolos de 190 mm x 190 mm x 90 mm é em média de R\$ 200,00 com lenha, podendo se elevar até R\$ 400,00 com o gás natural. Mas esta diferença não leva em consideração, que na queima à lenha, a produção de peças de 2ª e 3ª qualidades é maior e o desperdício de peças é muito superior ao da queima a gás natural. O consumo de lenha provoca ainda impactos ambientais indiretos como a perda da biodiversidade através da exploração de espécies nativas e a morte de animais que possuem o seu habitat na vegetação típica da caatinga.

2.4. Resíduo Cerâmico

No processo de queima das telhas são produzidos três tipos de materiais, classificados de acordo com sua aceitação pelo mercado como de primeira (48,5%), de segunda (47,5%) e de terceira (4,0%). É preciso melhorar esta etapa do processo, pois com a redução das peças de terceira há um aumento da rentabilidade do processo. Há uma perda neste processo de 16,2%, se comparado com uma situação onde todas as telhas produzidas fossem de primeira, considerando-se os preços atuais de venda. Isto não ocorre com os tijolos e lajotas que são produzidos no mesmo padrão.

Nas etapas de manuseio e transferência das peças secas para os fornos, para o estoque e, por último na expedição, algumas peças são quebradas e os índices de quebra estão apresentados na Tabela 1. O percentual de quebras varia de um item para outro. Enquanto o tijolo tem um índice total de 2,28% e a lajota, 2,01%, que são índices aceitáveis, a telha tem 8,17%, que é um índice alto, que precisa ser reduzido. Ele reflete os maiores cuidados necessários para manusear este produto de "design" alongado que o torna mais frágil quando comparado com os outros itens. (FIERN, 2004)

Tabela 1: Índices de quebra no processo de manuseio/transferências

Item	Peças quebradas/danificadas			Total
	Secagem/enforno	Desenforno	Expedição	
Tijolo	1,14%	0,80%	0,34%	2,28%
Lajota	0,27%	1,40%	0,32%	2,01%
Telha	1,79%	5,32%	1,05%	8,17%

2.5. Água

Soares e Castilhos Junior et al (2002) informa que na fabricação de cerâmica estrutural, a utilização da água como matéria prima ocorre essencialmente nas etapas de preparação da massa e conformação, sendo que a quantidade de água utilizada varia muito em função da umidade natural das argilas e da realização ou não do processo de sazonalamento, onde as argilas adquirem maior plasticidade pela exposição às condições ambientais de umidade (chuva e orvalho), necessitando, conseqüentemente, de menor adição de água durante a mistura.

2.6. Energia Elétrica

Segundo Beltran e Martínez (1999) a energia utilizada pela indústria cerâmica é de dois tipos: energia elétrica, principalmente para moagem, movimentação e queima, e energia térmica, para preparação de matérias primas, secagem e queima das peças. A etapa central do processo cerâmico, a queima, é a principal consumidora de energia térmica, com aproximadamente 50% do total. A secagem por atomização da matéria prima, nos processos via úmida, apresenta um consumo próximo a 40% do global. Finalmente, a energia térmica é utilizada para secagem das peças, numa etapa posterior à prensagem. O consumo elétrico encontra-se muito repartido entre as diferentes unidades produtivas, sendo os principais consumidores os moinhos, as prensas e os fornos.

Na fabricação de cerâmicas estruturais, o principal custo envolvido no processo é o custo energético dividido entre o custo de energia elétrica e o de energia térmica.

2.7. Análise Racional

A falta de informações sobre argilas (composição mineralógica), principais matérias-primas utilizadas nas olarias é um dos maiores problemas encontrados pelos produtores de cerâmicas como tijolo e telha. A maioria dos produtores de cerâmica faz uso de métodos artesanais, herdados de seus antepassados, para analisar a matéria-prima a ser empregada na fabricação de seus produtos. Com base nesses métodos empíricos, análises visual e tátil, determinam-se a quantidade de água a ser acrescida à massa, a necessidade ou não da correção da massa através da adição de outros materiais ou até a mistura com outras argilas, que foram analisadas pelos mesmos processos empíricos. A massa para fabricação de produtos cerâmicos é dita ideal quando a mesma cumprir as seguintes condições: a relação de materiais plásticos (no caso, argilominerais) com materiais não-plásticos de natureza diversa (quartzo, feldspato, carbonatos) deve ser tal que confira à massa cerâmica plasticidade suficiente para permitir a conformação e proporcionar adequada resistência mecânica a verde e a composição químico-mineralógica deve ser

equilibrada tal que, no processo de queima, as transformações físico-químicas que ocorrem produzam as quantidades necessárias de fase vítrea, com viscosidade adequada; evite a deformação das peças, e confira ao produto acabado as características tecnológicas desejadas (coeficiente de dilatação, resistência mecânica, porosidade, etc). (Coelho, 2002)

A caracterização químico-mineralógica de argilas, e a determinação das propriedades que seus componentes atribuem às massas cerâmicas permitem estudar os beneficiamentos que devem ser feitos a uma massa cerâmica para alterar uma ou várias propriedades do corpo cerâmico, e melhorar as propriedades do produto final (Coelho, 2002).

Um dos caminhos que pode ser seguido para o melhor conhecimento das propriedades da matéria-prima é através do emprego de duas técnicas: análise química da matéria-prima e análise racional. As análises químicas por difração de Raios-X e fluorescência de Raios-X fornecem como resultados as fases presentes na argila e a relação dos elementos constituintes da argila com a sua proporção na forma de óxidos, respectivamente. E devem ser feitas em argilas na sua constituição natural. A segunda técnica trata da análise mineralógica racional de argilominerais, ou seja, através da combinação da análise química, qualitativa e quantitativa, onde os elementos são todos considerados existindo na forma de óxidos, têm-se informações suficientes para determinar a composição mineralógica das fases presentes na argila. Essa técnica tem como fundamento básico a resolução simultânea de equações lineares montadas para cada fase detectada por difração de Raios-X. Esse conceito é o de análise racional (Souza Santos, 1989). A solução desse sistema linear dá-se por meio da sub-rotina $A \cdot X = B$, utilizando o algoritmo dos mínimos quadrados não-negativos, proposto por Lawson, que fornece como resposta a provável constituição mineralógica, em percentual, dos constituintes da matéria-prima em questão.

A junção dessas duas técnicas possibilita um estudo mais detalhado da matéria-prima analisada, onde poderá ser definida a necessidade ou não de um beneficiamento da argila e ainda se este beneficiamento é viável ou não, economizando-se, desta forma, tempo e investimento financeiro.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode ser observado em vários trabalhos encontrados na literatura, para se chegar a um produto de qualidade adequada, qualquer que seja a área de produção, deve-se ter conhecimento da matéria-prima que se está trabalhando, com isso fica mais fácil detectar qualquer eventualidade no decorrer dos processos de produção utilizados, para a fabricação dos produtos cerâmicos não é diferente. De posse de formulações de massa pré-determinadas com auxílio da análise racional todo o processo sofrerá uma racionalização que resultará em economia tanto financeira quanto dos recursos naturais. Gerando dessa forma minimização dos impactos ambientais negativos promovidos pelas indústrias cerâmicas e aumentando o lucro dos empresários.

Neste sentido, a análise racional pode ser utilizada como uma ferramenta adicional ao controle de processo, contribuindo para redução da porcentagem de perdas, melhoria dos parâmetros de processo, redução do consumo energético e melhoria das propriedades físicas e mecânicas de produtos cerâmicos. Estes fatores somados permitem no aumento da produtividade e diminuição do custo específico do produto final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Cerâmica. Anuário brasileiro de cerâmica. 2003.

Beltran, Jose Vicente Latorre. Martinez, German Cuñat. Medidas para redução do consumo energético nos processos de produção de pavimentos e revestimentos cerâmicos. Cerâmica Informação nº 2/3 Janeiro / Abril 1999.

Bustamante, G. M.; Bressiani, J. C. A indústria cerâmica brasileira. Cerâmica Industrial, v.5, n.3, p. 31-36, mai./jun. 2000.

C. Coelho, N. Roqueiro, D. Hotza. Rational mineralogical analysis of ceramics. Materials Letters, v. 52, n. 6, p. 394-398, 2002.

Emiliani, G. P., Corbara, F. Tecnologia cerâmica. Faenza: Editoriale Faenza Editrice, v.1. 1999.

FIERN, Perfil Industrial da Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Norte. Natal. 2001. Disponível em <<http://www.sindiceramica.com.br/v2/perfil.htm>> Acessado em 02.03.2004.

J. P. Chrispim Neto, T. R. Sousa, J. Y. P. Leite, et al. Caracterização tecnológica de argila para produção de tijolos vermelhos – Amostra Beira Rio – Ar 200. CEFET – RN. 2002.

Mafra, A. T. Proposta de Indicadores de desempenho para a indústria de cerâmica vermelha. Dissertação de Mestrado: UFSC, mar. 1999.

Oliveira, Sônia M. Avaliação dos blocos e tijolos cerâmicos do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 1993.136 p.

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Santa Catarina. Engenharia Civil.

Santos, Zanoni T. S. Dos; et all. Conversão de Fornos Cerâmicos para Gás Natural – A Experiência do Ctgás no Rio Grande do Norte. Disponível em: http://www.ctgas.com.br/materias/artigo_rio_oil_gas.html. Acessado em 10 de Agosto de 2002.

Soares, S. R.; Castilhos Junior, A. B.; et al. Análise do ciclo de vida de produtos (revestimento, blocos e telhas) do setor cerâmico da indústria de construção civil. UFSC 2002.