

# O APERFEIÇOAMENTO DA MOAGEM DA MONOPOROSA. ALTA ALUMINA x SÍLEX

Daniel Stainer (1)

Clézio Freccia, João Batista Furlan, Wagner Zanette, Osvaldo V. Júnior, (2)

Jederson Rodrigues, Fábio Costa, Marcelo Mazzuco (2)

Geraldo Mayer Martins (3).

DEPARTAMENTO TÉCNICO - ELIANE REFRATÁRIOS.

Rua Ambrósio Dalló, 245 - 88842-000, Cocal do Sul - SC.

Fone: 048 4417684/ 4417683

(1) Eng. Químico. (2) Técnicos de Cerâmica (3) Estagiário Eng. Materiais (UEPR)

## RESUMO

*Estudou-se as características físicas e químicas de barbotinas produzidas por moagem a úmido em moinhos de esferas com cargas moedoras de sílex e cargas mistas, sílex mais alta alumina. Os Resultados obtidos mostraram que a utilização de carga mista permite uma moagem com resíduo mais homogêneo, com uma redução significativa do tempo de moagem, sem alterações no equipamento instalado. As características químicas e físicas são mantidas, com incremento de propriedades importantes para o processo, tal como absorção d'água e redução do teor de  $\text{CaCO}_3$ , retido nas malhas mais grossas e melhor distribuição da barbotina. Deste modo é possível atuar sobre o processo de moagem da monoporosa, que trabalha com ciclos de sinterização muito rápidos, melhorando as características da barbotina e otimizando o processo de moagem.*

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as Empresas Cerâmicas tiveram um ritmo acelerado de modernização, os volumes produzidos aumentaram significativamente. Os Produtos mais tradicionais (azulejos 15 x 15, 15 x 20 e 20 x 20) passaram a conviver com formatos maiores e conseqüentemente com maiores espessuras.

As grandes oscilações na demanda por produtos cerâmicos, fato que tem ocorrido com freqüência nos últimos anos, faz com que os empresários pensem bastante antes de realizar investimentos na instalação de novos moinhos. Isto ocorre porque antes de se adquirir

os moinhos é necessário pensar na parte civil. Além disso é possível que com a entrada de novos motores de alta potência, tornem o transformador e a instalação elétrica subdimensionados. Estes itens, demandam tempo, custam caro e supõem aumento de mão de obra.

Com a substituição dos fornos túneis de biqueima por processos rápidos de monoqueima as empresas tiveram de desenvolver formulações especiais para se adaptar a este ciclo. A reatividade das barbotinas, bem como o uso de matérias primas com altíssima velocidade de reação se tornaram fundamentais.

Com isto, diversas empresas ficaram sem solução para o problema da moagem, tendo de ampliar seus ranges de operação e desistir da utilização de determinadas matérias primas, mesmo sabendo da perda de qualidade que seu processo terá.

Muitas cerâmicas apresentam hoje um gargalo de produção na preparação de massa. Com freqüência não se tem o tempo necessário para moer tão bem as matérias primas como seria desejado e adequado.

Com esta preocupação e conhecendo os problemas que normalmente ocorrem em indústrias cerâmicas, procuramos detalhar atividades que possam contribuir com a melhoria no processo através da otimização da moagem de massa por via úmida, evitando:

- atrasos na produção de barbotina;
- não respeito ao horário de ponta, pagando muito caro por esta energia elétrica;
- moagem insuficiente das matérias primas e desbalanceamento na formulação.

É importante mostrar opções que as empresas podem dispor,

Tabela 1. Análises químicas das matérias primas.

Matéria prima	$\text{SiO}_2$ (%)	$\text{Al}_2\text{O}_3$ (%)	$\text{CaO}$ (%)	$\text{MgO}$ (%)	Álcalis(%)
Argila	65.30	23.00	0.50	0.72	0.96
Caulim	65.16	24.04	0.38	0.40	0.32
Talco	63.43	2.08	0.41	28.42	0.77
Filito	73.55	16.08	0.50	1.67	4.48
Quartzito	84.30	9.60	0.30	0.30	1.00
Calcário	3.92	2.18	47.8	3.51	0.75

Tabela 2. Análise do resíduo das matérias primas antes da moagem.

Matéria primas	Resíduo # 100	Resíduo # 325
Argila	7.10	9.10
Caulim	10.25	15.60
Talco	12.00	28.90
Filito	12.30	17.10
Quartzito	64.10	82.40
Calcário	0.10	15.81

de modo a otimizar as atividades no setor de preparação de massa.

Dessa forma, duas opções tem sido estudadas e oferecidas:

- uso de carga moedora completa em alta alumina;
- uso de carga parcial (sílex mais alta alumina), numa distribuição adequada para as matérias primas do processo.

O trabalho deve ser avaliado especificamente para cada situação, adequando o processo de moagem a necessidade da empresa, o uso de cargas mistas no processo de moagem tem conseguido bons resultados industriais com as seguintes vantagens:

- não é necessário a troca de motores dos moinhos;
- o tempo de moagem tem uma redução significativa;
- aumento da qualidade da barbotina produzida, principalmente sobre os materiais mais duros onde o sílex/agata apresentam dificuldades.

• não há necessidade de investimentos em equipamentos. É feito uma avaliação das condições do moinho que pode ser colocado em operação na hora desejada.

• redução das despesas com eletricidade com melhor aproveitamento das instalações e equipamentos através do controle de demanda, consumo e respeito ao horário de ponta.

• possibilidade de alterações no organograma de produção, eliminando turnos ou mesmo escalas de trabalho.

## PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os ensaios foram realizados em moinhos industriais,

comparando a moagem com seixos de sílex versus a moagem com carga mista (alta alumina + sílex).

Este trabalho teve por objetivo melhorar a etapa final de moagem, onde o moinho com carga de sílex estava apresentando dificuldade em reduzir o resíduo na malha 325, devido as características de dureza de algumas matérias primas, sendo necessário um tempo muito longo para que isto ocorresse.

A formulação desta barbotina de monoporosa [1] é a seguinte:

Argila	: 27 %
Caulim	: 25 %
Talco	: 9 %
Filito	: 19 %
Quartzito	: 6 %
Calcário	: 14 %

Onde os materiais que apresentam maior dificuldade de serem moídos são o quartzito e o calcário [2], [6].

A análise química das matérias primas é mostrada abaixo:

Foi realizado o ensaio de resíduo a úmido, nas malhas 100 e 325, com as matérias primas que compõem a formulação.

Durante a moagem foi feito o acompanhamento comparativo do resíduo nos moinhos com carga moedora mista (AA+Sílex) e carga moedora normal (Sílex).

Os valores médios obtidos no decorrer das moagens estão graficados abaixo.

Pelo gráfico 1, é possível ver a grande diferença na eficiência dos dois processos.

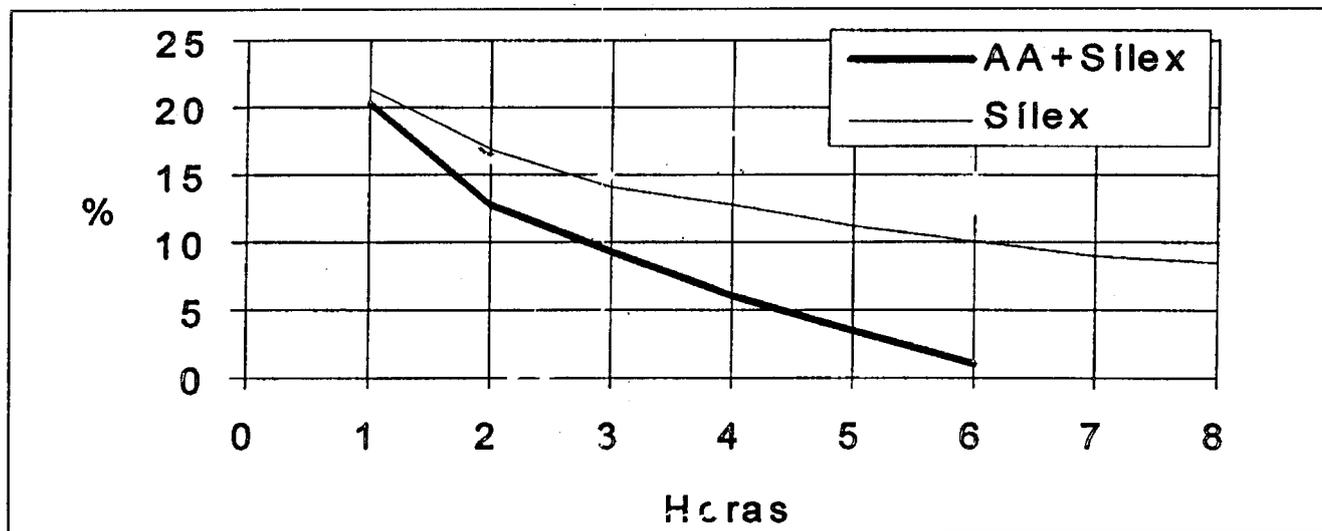


Gráfico 1. Resíduo em # 325 da barbotina de AA+Sílex e Sílex versus o tempo de moagem

Tabela 3. Resíduo da barbotina de AA+Sílex e Sílex em # 325 e # 250, versus o tempo de moagem.

HORA	Resíduo # 325 (%)		Resíduo #250 (%)	
	AA+Sílex	Sílex	AA+Sílex	Sílex
0	-	-	-	-
1	21.1	22.3	13.6	13.8
2	13.0	17.2	8.3	11.1
3	9.2	14.1	6.1	9.0
4	6.2	13.6	4.8	7.8
5	3.4	11.3	2.0	6.9
6	2	10.1	0.81	6.2
7	-	9.3	-	6.0
8	-	8.5	-	5.8

Tabela 4. Tabela da derivada (declividade) da redução do resíduo (#325) por hora de moagem entre a AA+Sílex e o Sílex.

HORA	AA+Sílex	Sílex
1	8.1	5.1
2	3.8	3.1
3	3.0	0.5
4	2.8	2.3
5	2.2	1.2
6	-	0.8
7	-	0.8

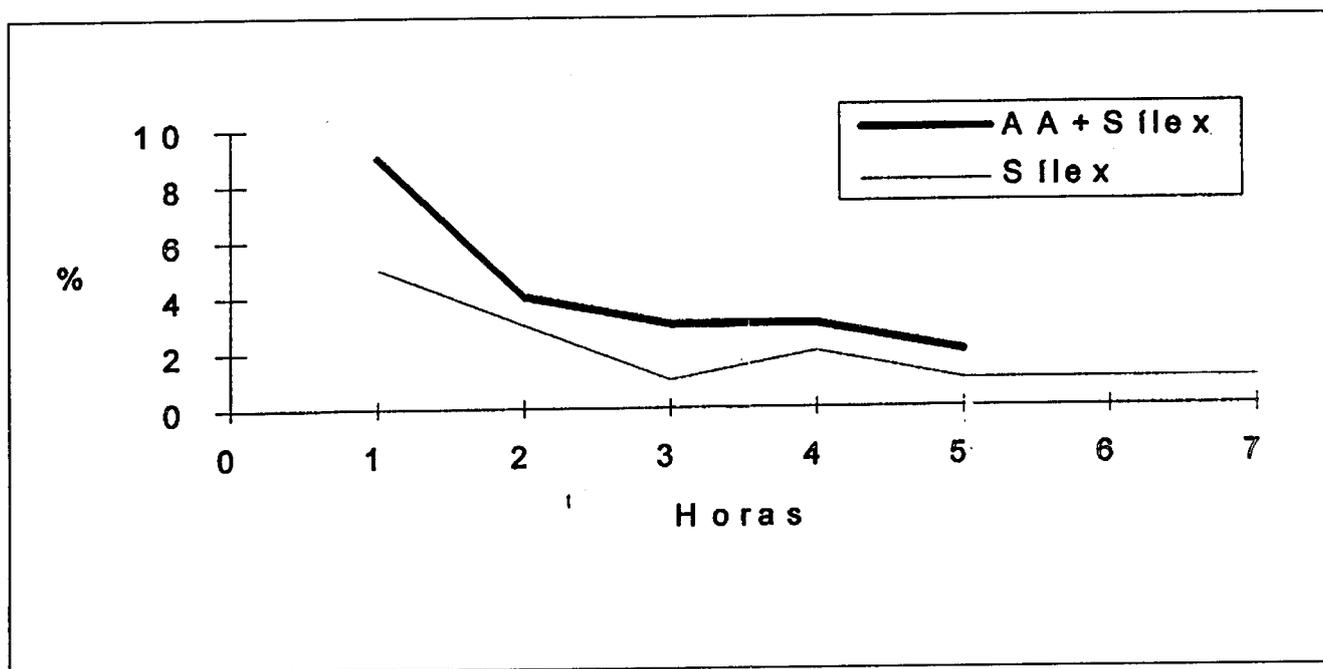


Gráfico 2. Gráfico da derivada (declividade) da redução do resíduo (#325) por hora de moagem entre a AA+Sílex e o Sílex.

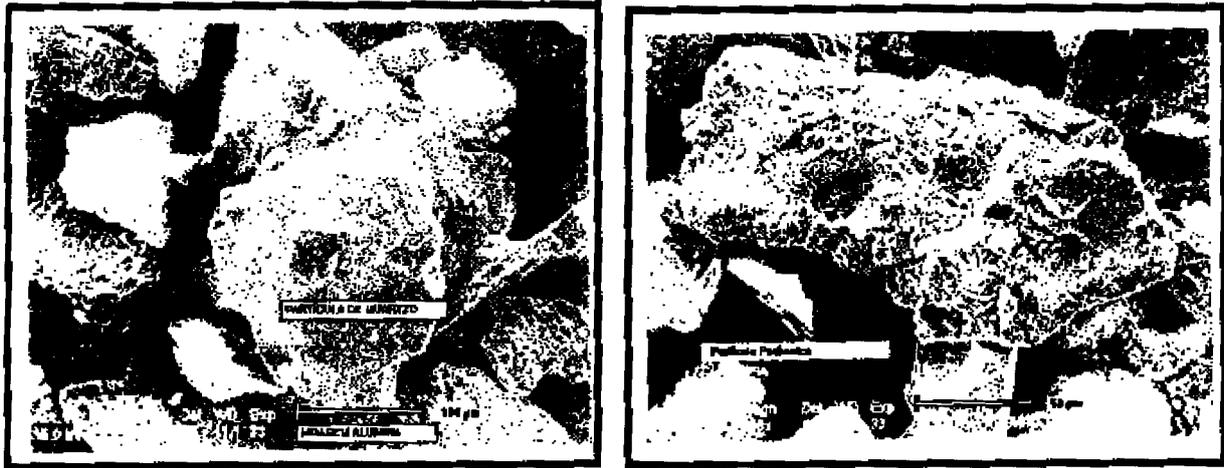


Figura 1 . Moagem com Alta alumina , partículas de quartzito e fonolito.



Figura 2. Moagem com sílex, partículas de quartzo.

Para melhor visualização desta diferença, foi traçado o gráfico da declividade , que pode ser visto a seguir.

No gráfico acima é feita a (calculado) declividade da tabela 3. A maior inclinação da reta significa maior eficiência para o mesmo intervalo de tempo de moagem.

É importante observar que acima de uma determinada granulometria os seixos de sílex não conseguem reduzir o resíduo de matérias primas mais duras, sendo caracterizado pela retas que estão praticamente horizontais a medida em que o tempo transcorre (declividade próxima de zero). Isto significa que as matérias primas não mais estão sendo moídas, ou se estão, este processo está muito ineficiente. Como estas matérias primas são em grande parte os fundentes do sistema, com maior preço, é fundamental que estas sejam bem moídas no processo para que sua função na formulação seja efetiva [2].

Deve-se observar que na etapa inicial as declividades são próximas, mostrando que durante a etapa de desagregação das matérias primas, os seixos de maior tamanho tem uma ação

importante. A medida que a moagem vai transcorrendo e o resíduo ficando menor, os seixos de sílex perdem muita eficiência. Este fenômeno é explicado pela dureza superficial e pela baixa densidade do Sílex que em muitos casos é igual a do material que esta sendo moído [3]. Quando isto ocorre, o mecanismo de moagem por atrito abrasivo (principal mecanismo da moagem em moinhos rotativos) tem baixa eficiência. Estas características podem ser vistas nas figuras 1 e 2 onde é mostrado o diferente mecanismo de fratura que ocorre na superfície de uma partícula de quartzito quando moída com esferas de Alta Alumina e quando moída com seixos de Sílex [6].

Na tabela 5, da análise granulométrica laser das barbotinas, as distribuições granulométricas para a moagem com carga mista (Alumina + Sílex), com tempo de moagem de 4 horas, e Sílex, com tempo de moagem de 7 horas, apresentam curvas que estão praticamente se sobrepondo. Nas frações mais grossas a moagem com carga mista apresenta uma granulometria um pouco mais fina ( $\pm 20$  m mais fina). Isto está relacionado com dois produtos que apresentam maior dificuldade na moagem que são: O calcário, como

**Tabela 5 . Resultado da análise granulométrica a laser (MALVERN) das barbotinas moídas com AA+Sílex (4,0 hs) e Sílex (7,0 hs).**

Diâmetro (µm)	AA+Sílex (4 horas)	Sílex (7 horas)
D 100	57.30	76.60
D 90	32.93	37.40
D 50	9.59	10.16
D10	3.20	3.29

**Tabela 6. Análise química das barbotinas, retido # 325 e passante # 325**

	Retido em AA+Sílex	# 325 Sílex	Passante em AA+Sílex	# 325 (%) Sílex
SiO <sub>2</sub>	74.8	75.9	57.9	58.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.0	5.8	16.1	15.6
MgO	3.1	2.0	3.6	2.9
Álcalis	0.8	0.8	1.6	2.0

pode ser visto pelo resultado da calcimetria (tabela 7) do retido na malha 100 e pelo quartzito que está com uma pequena diferença na análise química (tabela 6) do retido na malha 325.

A avaliação dos resultados da tabela 6, onde é feita a análise química das barbotinas segundo o critério de retido e passante na malha 325, e da tabela 5 nos mostra que as características das barbotinas estão muito próximas e estão dentro dos padrões estabelecidos pelo processo. No entanto, em diversos casos estes resultados possuem valores muito diferenciados.

Na tabela 7 é possível ver os valores da calcimetria. O resultado do retido na malha 100 mostra diferença significativa na fração mais grossa, onde a moagem do CaCO<sub>3</sub> com seixos de sílex apresenta 5 vezes superior o valor da calcimetria na malha 100 para a moagem com carga mista (alta alumina + sílex), na fração entre # 100 e # 250 também houve uma diferença nos resultados.

A avaliação da calcimetria tem uma grande importância na queima. Quanto maior o percentual de CaCO<sub>3</sub> nas frações grossas,

maior será o tempo de reação (decomposição) do calcário em óxido de cálcio, e o número de defeitos no vidrado será proporcional.

Este fenômeno irá gerar gases que não sairão totalmente da peça cerâmica, causando defeitos no vidrado.

Por se tratar de um formador de fases cristalinas o CaCO<sub>3</sub> deve estar com resíduo baixo para ter uma maior reatividade [2].

Nas figuras 3 e 4 são feitos os comparativos do resíduo [6] de uma barbotina peneirada em malha 325 (45m) e observada no MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura). A barbotina da figura 3 foi moída com esferas de alta alumina e as fotos mostram o resíduo após 1 e 4 horas de moagem.

A figura 4 mostra o resíduo da barbotina moída com seixos de sílex após 3, 6 e 9 horas. Estas fotos permitem avaliarmos como transcorre a moagem (afinamento) das partículas mais grossas. Conforme Rodrigues Neto [6], na moagem com sílex não existe uma grande alteração de tamanho das partículas mais grosseiras do material.



Figura 3 . Resíduo da moagem com Alta alumina , com 1 hora e 4 horas

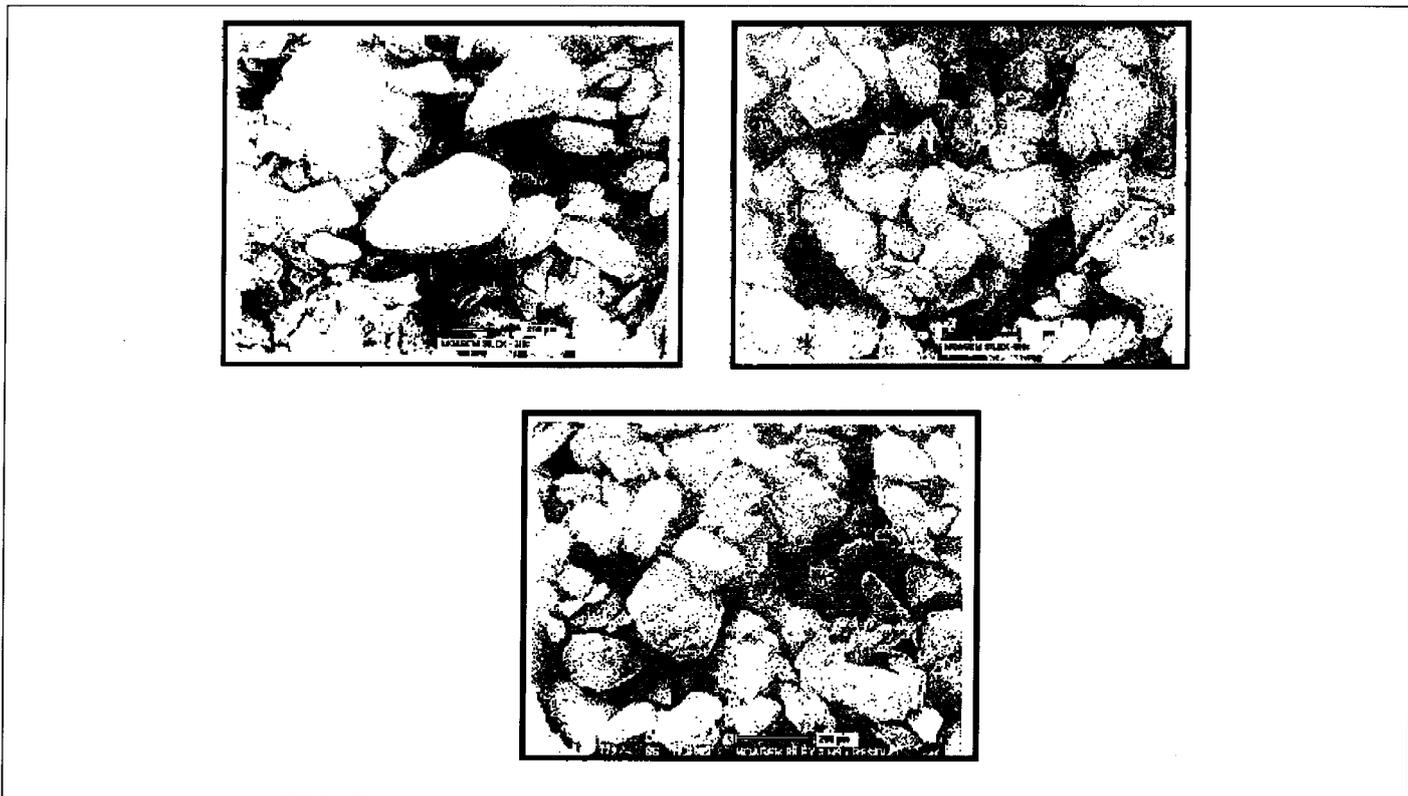


Figura 4. Resíduo da moagem com Sílex, com 3, 6 e 9 horas

Tabela 7. Calcimetria das barbotinas em função da distribuição granulométrica.

Malhas	Calcimetria	
	AA+Sílex (4,0 hs)	Sílex (7,0 hs)
- 100	0.72	4.31
-100 + 250	1.90	6.40
- 250 + 325	8.90	4.06
- 325	5.23	3.85

Tabela 8. Absorção de água em função da temperatura de queima, para sílex e Alta alumina mais sílex.

No. AMOSTRA	TEMPERATURA (°C)	SILEX	ALTA ALUMINA+ SILEX
1	865	20.6	18.7
2	910	19.8	18.2
3	960	19.4	18.0
4	1005	19.2	17.5
5	1060	19.0	17.2
6	1105	18.7	16.8
7	1140	18.5	15.4
8	1160	16.1	14.7
9	1180	15.3	13.2

Em verdade se compararmos o resíduo da primeira hora de moagem com Alta Alumina contra o resíduo da nona hora de moagem com seixos de Sílex, podemos verificar que há uma grande alteração tanto na forma quanto no tamanho das partículas do resíduo analisado para a massa grês testada.

Isto comprova a grande diferença na eficiência da moagem com esferas de Alumina, material com alta dureza superficial e com densidade de 3,60 g/cm<sup>3</sup> sobre os seixos de Sílex na etapa de afinamento das partículas mais duras.

As barbotinas moídas em moinho com carga mista (alta alumina mais sílex) e com carga de sílex foram atomizadas em separado. Foram então prensadas peças nas prensas industriais e em laboratório, com objetivo de avaliar a absorção d'água, versus temperatura, para a queima no forno gradiente.

Este teste mostra uma significativa diferença em termos de temperatura de sinterização motivado pela maior reatividade da barbotina moída com carga mista alta alumina mais sílex.

Em termos prático, isto significa que para a mesma absorção, por exemplo, do corpo de prova nº 7 moído com carga mista e sinterizado a 1140°C, resultando uma absorção d'água de 15,4 %, já com peças prensadas com barbotinas moídas com seixos de Sílex, teríamos de sinterizar a 1180°C para obtermos uma absorção d'água de 15,4 %.

Esta diferença de 40°C para um forno industrial significa valores bastante significativos em termos de economia de combustível e controle operacional do equipamento.

A formulação moída com carga mista, que embora mantenha os mesmos critérios de liberação, apresenta uma diferença

significativa em função de sua maior reatividade.

## CONCLUSÃO

- O uso de cargas mistas permite redução significativa do tempo de moagem, melhorando as características da formulação.
- É uma importante opção para empresas que estão com problemas de tempo de moagem ou resíduo.
- A moagem com carga mista (alta alumina + sílex) não exige alteração no setor de reparação de massa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

- 1 - L. SANCHÉZ; J. GARCIA; V. SANZ; E. OCHANDIO: Raw Material Selection Criteria for the Production of Floor and Wall Tiles TBI - Volume 6, Nº 4, 1990.
- 2 - ADRIAN SEGURA: Monococcion Porosa - FERRO ESPANA, Castellon, junio 1995.
- 3 - L. LORICA, A. BRESCIANI: Some Remarks to Ceramic Grinding. - Intereram, Vol. 39, Nº 7, 1995.
- 4 - A. FERRARI: Manuale Della Macinazione con Mulini a Tamburo Rotante - FAENZA EDITRICE, 1995.
- 5 - R. G. RENAU: Pastas y Vidriados en la Fabricacion de Pavimento y Revestimientos Cerámicos - Colorobbia, Espana, 1994.
- 6 - JOÃO BATISTA RODRIGUES NETO: Caracterização e Otimização do Processo de Moagem de uma Cerâmica Grês - Dissertação de Mestrado na UFSC, setembro 1994.

# TECNARGILLA



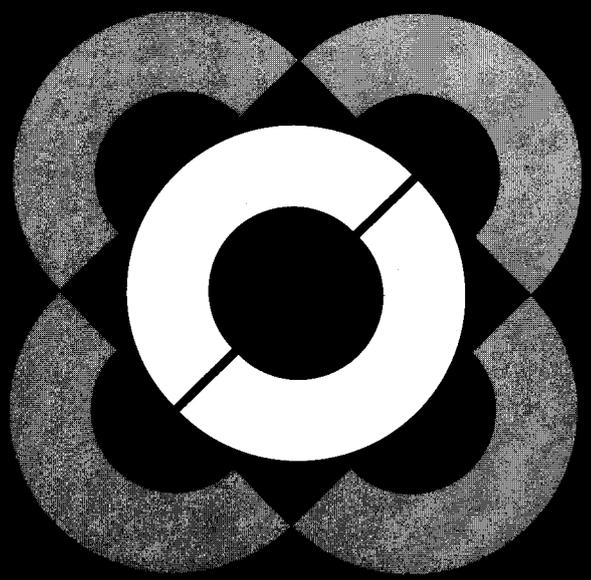
16ª EXPOSIÇÃO  
INTERNACIONAL  
DE EQUIPAMENTOS  
E TECNOLOGIA  
PARA INDÚSTRIAS  
CERÂMICAS

VERONA / ITALIA

27 SETEMBRO

1 OUTUBRO 1996

# 96



Organização por:  
**FIERA DI RIMINI**  
Promoção por:  
**FIERA DI RIMINI  
ACIMAC**

Para informação:  
Fiera di Rimini  
Tel. +39-541/711.711  
Fax +39-541/786.686

*Reserve seu stand  
em Verona  
o mais breve possível!  
Tel. +39-541/711.247*