

## OBTENÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS ATRAVÉS DO PROCESSO DE LAMINAÇÃO

<sup>1</sup>Lisiane Navarro de Lima Santana,

<sup>2</sup>Michel Jean Ferreira,

<sup>2</sup>Márcio Celso Fredel,

<sup>2</sup>Orestes Estevan Alarcon.

<sup>1</sup>Depto de Engenharia de Materiais, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB.

Aluna de doutorado do CPGEng.Mec. da UFSC. E-mail – [lisiane@pg.materiais.ufsc.br](mailto:lisiane@pg.materiais.ufsc.br)

<sup>2</sup>Depto de Engenharia Mecânica, LABMAT, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo a produção de placas cerâmicas utilizando o processo de laminação. O uso desta tecnologia foi estudado como uma possibilidade para fabricação de placas com espessura reduzida, tendo como objetivo a economia de energia e de matérias-primas, sem comprometer o desempenho dos produtos. Foram preparadas três formulações diferentes de massa, utilizando-se o caulim como matéria-prima principal, álcool polivinílico e carboxil metil celulose como ligantes e a água como solvente. As massas cerâmicas foram conformadas através do processo de laminação, os corpos de prova foram secos e sinterizados utilizando tecnologia cerâmica convencional. As seguintes propriedades foram determinadas: retração linear, absorção de água, porosidade aparente e densidade aparente. Os resultados preliminares indicam que é possível laminar placas cerâmicas, com uma quantidade de água e ligante variando entre 22 – 24% em peso, para as formulações estudadas.

**Palavras-chaves:** Placas Cerâmicas, Processo de laminação, Caulim.

### 1. INTRODUÇÃO

Em décadas recentes, desenvolvimentos extraordinários foram alcançados na indústria cerâmica. Alguns exemplos são a queima de revestimento em menos de quarenta minutos e a utilização de processos como a moldagem por injeção, para a produção de peças com formato complexo. Esta evolução nas técnicas de processamento foi acompanhada por um significativo aumento da resistência dos materiais, permitindo a redução das dimensões das peças, sem prejuízo para a vida em serviço e a confiabilidade. Em outras palavras, os produtos puderam tornar-se menores e mais leves, permanecendo eficazes (Lipinski, 1994). A importância deste fato tem sido verificada na produção de placas refratárias empregadas como suporte de peças em fornos a rolos. O uso de produtos de menor espessura permite a redução da quantidade de energia requerida para o aquecimento dos fornos (Lipinski, 1994).

As técnicas de moldagem convencionais oferecem possibilidades limitadas para a produção de componentes com paredes finas em larga escala e com custo reduzido. Atualmente, a técnica de colagem de folhas tem sido utilizada para a produção de placas cerâmicas finas, mas esta técnica apresenta limitações quanto a espessura das peças, que é da ordem de 0,2 a 1,5mm.

Os métodos de compressão por prensagem usados na conformação de placas não podem ser empregados na preparação de substratos finos de materiais cerâmicos. Extrusão, prensagem a seco e colagem são processos competitivos na fabricação de peças cerâmicas planas. Entretanto, estes apresentam limitações quanto a espessura para peças grandes.

No processo de compactação por rolos (laminação) a massa cerâmica é introduzida através de uma abertura de laminação, formada por dois cilindros posicionados um contra o outro e com isso densificada, de modo que se produz um corpo a verde, o qual pode ser subdividido ou continuar a ser processado de outra maneira. Através do ajuste da umidade a uma faixa, que evite tanto os teores de umidade do processo de extrusão de um lado como também da prensagem a seco de outro, resulta uma possibilidade de fabricação especialmente econômica em termos energéticos, porque o processo de secagem pode ser realizado de maneira menos dispendiosa e também o processo de queima (Goerenz e Rymon-Lipinski, 1996). Este processo é adequado para a fabricação de peças com uma única espessura, desde que, a espessura das peças é controlada pela abertura entre os rolos ( Hyatt, 1986). A técnica de conformação por rolos é um processo econômico e de alta qualidade para a manufatura de componentes cerâmicos (Lipinski et al, 1994). Este permite a conformação de peças com várias geometrias, como colunas contínuas, materiais multi-camadas e estruturas ocas e possui como principais características : produção de placas cerâmicas finas, tendo espessura na faixa de 0,5.....10mm; produção de componentes com várias geometrias; definição específica das propriedades dos materiais através da seleção adequada da composição e parâmetros dos rolos; manuseio simples e aplicação em larga escala e por ser um processo econômico em comparação com outros processos de conformação (Balzereit, 1998). Embora este método possa ser empregado para qualquer corpo cerâmico, é desejável que a massa não possua aglomerados grandes e que os pós apresentem boa escoabilidade. Além disso, o conteúdo de umidade do material deverá ser mantido dentro de uma faixa relativamente baixa.

Neste processo as matérias-primas são umidificadas, os aditivos orgânicos (ligantes) são dissolvidos e posteriormente misturados para se obter uma massa que apresente características apropriadas para o processo de conformação, permitindo a fabricação contínua de placas, fitas e tubos. Os ligantes orgânicos são essenciais para o processamento de muitas cerâmicas comerciais, estes aditivos facilitam a conformação e a subsequente manipulação dos corpos a verde.

Quando se aplica a técnica de conformação por rolos para corpos de baixa plasticidade, dois processos ocorrem simultaneamente: um é a compactação do corpo na abertura entre os rolos sob uma pressão alta, e o outro, é a moldagem do corpo. Esta é a diferença básica entre a conformação com rolos e a calandragem de corpos plásticos. No último caso, o conteúdo de água é usualmente tão alto que o corpo resiste à compressão, e a unidade de rolos é usada simplesmente para moldar.

O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade da aplicação do processo de laminação para a produção de placas cerâmicas, sendo este um método alternativo para a produção de placas com espessura reduzida.

## **2. METODOLOGIA**

Para a obtenção das placas, o caulim foi utilizado como matéria-prima, o álcool polivinílico

(PVA) e o carboxil metil celulose(CMC) foram utilizados como ligantes e a água como solvente/plastificante. A composição química do caulim é apresentada na Tabela 1.0.

Foram estudadas três formulações de massa. As formulações I e II apresentam consistência adequada para o processo de laminação, enquanto a formulação III foi utilizada na produção das placas através do processo de prensagem.

- 75,65 % em peso de caulim, 2,43 % CMC e 21,92 % água ( I )
- 75,60 % em peso de caulim, 2,50 % PVA e 21,90 % água ( II )
- 88,24 % em peso de caulim, 1,76 % CMC e 10,00 % água ( III )

**Tabela 1.0** – Composição química via fluorescência de raios-X.

Componentes	Porcentagem em peso (%)
SiO <sub>2</sub>	46,31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	38,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,73
CaO	0,41
Na <sub>2</sub> O	0,37
K <sub>2</sub> O	1,42
MnO	N.D.
TiO <sub>2</sub>	0,16
MgO	0,22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N.D.
Perda ao fogo	11,49
Total	100,00

#### Conformação dos corpos de prova

Inicialmente o pó cerâmico foi misturado com a solução de polímero viscoso. A mistura foi realizada em uma bateadeira planetária, por um período de 2h, sob condições de baixa velocidade.

Após a etapa de mistura, as massas foram compactadas em um cilindro laminador, variando-se de 3,5 a 5mm a abertura entre os rolos. Após a compactação as peças foram secas (110 °C/24h) e sinterizadas em um forno elétrico – Termolab, utilizando-se taxa de aquecimento de 5 °C/min. Os corpos de prova permaneceram na temperatura máxima (1200, 1250 e 1300 °C) por 30 minutos, sendo o resfriamento feito dentro do forno. As placas apresentaram espessura na faixa de 3 a 5mm.

Para a caracterização dos corpos de prova após a queima mediu-se a retração linear, a absorção de água (AA), a densidade aparente ( $\rho_{ap}$ ) e a porosidade aparente. As características físicas das placas, como absorção de água e densidade aparente, foram determinadas através da Norma ISO 10545/NBR 13818 e pelo método de imersão em mercúrio. A retração linear foi avaliada mediante a variação da contração linear com a temperatura. A porosidade aparente,  $\epsilon_{ap}$ , foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\epsilon_{ap} = AA \cdot \rho_{ap} \cdot 100 \quad (1)$$

Foram compactados, também, alguns corpos de prova através do processo de prensagem.

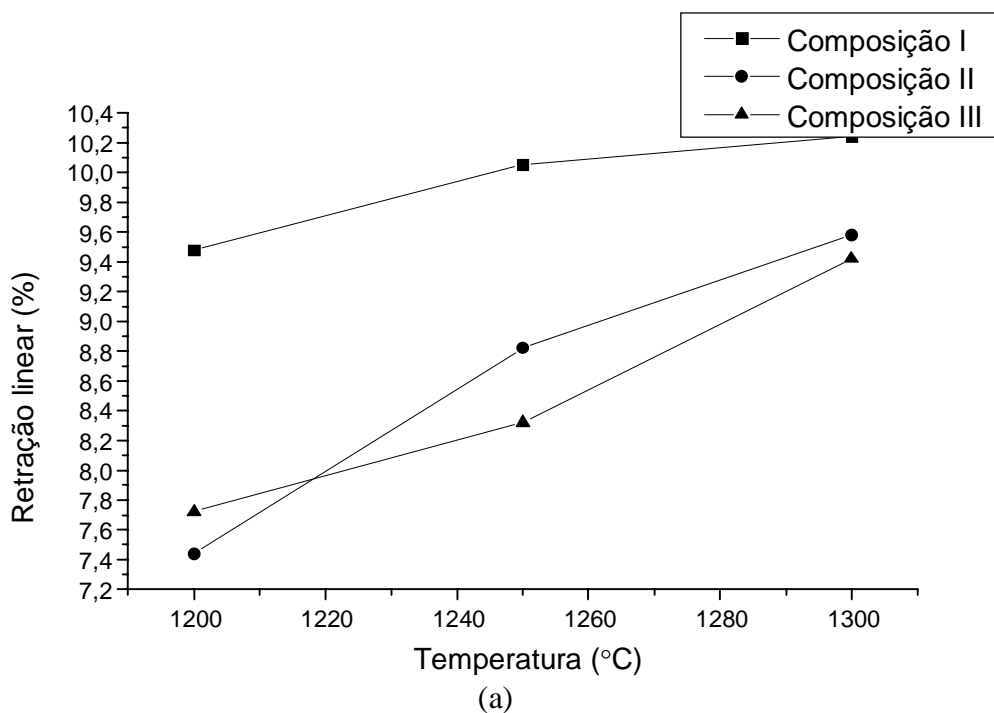
Estes foram queimados (1200, 1250 e 1300 °C) e caracterizados após a queima (retração linear, absorção de água, porosidade aparente e densidade aparente).

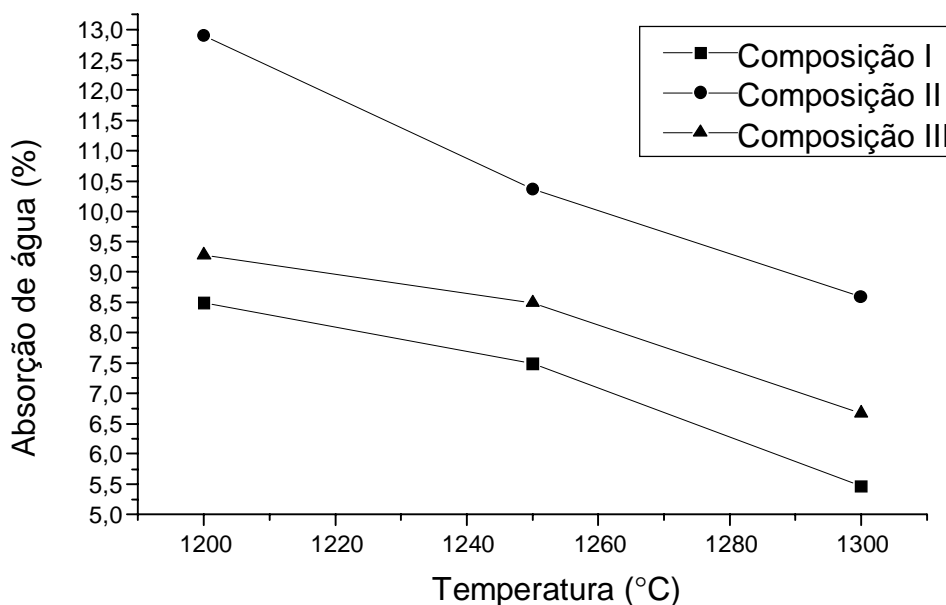
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar a possibilidade da aplicação do processo de laminação para a produção de placas cerâmicas e comparar as propriedades apresentadas pelas placas produzidas pelos processos de laminação e prensagem. Os gráficos da Figura 1 e a Tabela 2, mostram valores referentes à absorção de água e retração linear como função da temperatura de queima, para as placas obtidas pelos processos de laminação e prensagem.

**Tabela 2** – Valores de retração linear e absorção de água para as formulações estudadas.

Temperatura ( ° C)	Formulação	Retração linear (%)	Absorção de água após queima (%)
1200	I	9,48	8,49
1250	I	10,05	7,49
1300	I	10,24	5,47
1200	II	7,44	12,90
1250	II	8,82	10,37
1300	II	9,58	8,60
1200	III	7,72	9,28
1250	III	8,32	8,49
1300	III	9,42	6,67





(b)

**Figura 1** - Efeito da temperatura de queima na retração linear (a) e absorção de água (b) dos corpos de prova obtidos pelo processos de laminação e prensagem.

Como pode ser observado, todos os sistemas sinterizados a 1200 °C apresentaram maiores valores de absorção de água e menores valores para a retração linear. Com o aumento da temperatura de sinterização ocorreu um aumento da retração acompanhada por uma diminuição da absorção de água. Esses resultados indicam uma redução da porosidade dos corpos de prova para a queima a temperaturas mais elevadas.

A absorção de água de um material cerâmico depende do tipo e proporção dos minerais existentes, do processo de compactação e da queima. A importância deste parâmetro, tem uma influência direta sobre as propriedades mecânicas e a resistência a mudanças bruscas de temperatura. O caulim utilizado neste experimento possui percentual significativo de óxidos fundentes, conforme mostrado na Tabela 1. Segundo Santos et. al (1998), o elevado teor de fundentes (Ca, Mg, Na e K) presentes em alguns caulins favorecem a formação de uma fase líquida a 1250 °C, facilitando a sinterização via reprecipitação. A fase líquida viscosa, que diminui a tensão superficial, tende a aproximar as partículas, aumentando a retração e diminuindo a porosidade aberta.

No processo de laminação é possível ajustar ou variar a pressão dos rolos e com isso, o grau de compactação de acordo com a abertura entre os rolos. Como pode ser observado na Tabela 2, as placas laminadas (composição I) apresentaram os menores valores de absorção de água. Neste caso, os corpos de prova foram submetidas a uma menor abertura na laminação (3,5 a 4,0 mm de abertura entre os rolos), o que provavelmente ocasionou um maior grau de compactação.

As placas obtidas pelo processo de prensagem apresentaram menor retração linear, o que estar relacionado com o maior grau de compactação alcançado e com o baixo teor de umidade presente na massa.

A Tabela 3 mostra valores referentes a densidade após queima e porosidade aparente para as placas obtidas pelos processos de laminação e prensagem. As placas apresentaram valores de

densidade após queima próximos, conforme mostrado na Tabela 3, entretanto, as placas laminadas (composição I) apresentaram menor porosidade aparente. Este fato pode estar relacionado com a natureza química do aditivo orgânico, provavelmente o carboxil metil celulose foi melhor distribuído na massa cerâmica, gerando distribuição de poros mais homogênea, além disso as placas foram submetidas a menor abertura de laminação.

**Tabela 3** – Valores de densidade após queima e porosidade aparente para os corpos de prova sinterizados.

Temperatura (° C)	Formulação	Densidade após queima (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidade aparente (%)
1200	I	1,90 ± 0,007	16,13
1250	I	1,97 ± 0,014	14,75
1300	I	2,08 ± 0,005	11,38
1200	II	1,89 ± 0,0067	23,81
1250	II	1,99 ± 0,0410	20,63
1300	II	2,07 ± 0,0162	17,80
1200	III	1,94 ± 0,0380	18,00
1250	III	1,98 ± 0,0030	16,81
1300	III	2,09 ± 0,0220	13,94

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados preliminares indicaram que através do processo de laminação é possível obter placas cerâmicas utilizando caulim como matéria-prima. As placas obtidas pelo processo de laminação apresentaram características físicas ( retração linear, absorção de água, densidade aparente e porosidade aparente) comparáveis com as obtidas para as placas prensadas. O grau de compactação das placas laminadas depende da abertura entre os rolos de laminação.

Melhorias nas etapas de processamento da massa e do processo de conformação por rolos (laminação) devem ser investigadas para que sejam produzidas placas com propriedades superiores às obtidas.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Balzereit, J., Rymon-Lipinski, T., Rass, I., 1998, “Roll-Pressing : A New Variation for Shaping Tiles”, Journal Info Ceramic Forum International, v.75, n.3, pp.111-114.
- Hyatt, E. P., 1986, “Making Thin, Flat Ceramics – A Review ”, Ceramic Bulletin, v.65, n.4.
- Rymon-Lipinski, T., Gebhardt, F., 1994, “Roll-Pressing of Ceramic Bodies”, Journal Info Ceramic Forum International, v.71, n.8, pp.467-469.
- Santos, P.S., Coelho, A.C.V., Cardoso, S.R.F., Santos, H.S., 1998, “Caracterização e Propriedades Cerâmicas de alguns Caulins e Argilas usados em Cerâmica Branca no Estado de São Paulo”, Cerâmica Industrial, v.3, n.3, pp.47-57.
- Goerenz E., T. Rymon-Lipinski, 1996, Patente Européia, número de registro: 92199549.0.