



## PRODUÇÃO DE COMPOSTOS SINTÉTICOS DE ESTEATITA A PARTIR DE RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSAMENTO DE PEDRA SABÃO

**Autor (es):** Carlos Eduardo da Rocha, Maik Valentim Venancio, Pedro Henrique Bethônico Pinto Guimarães e Carlos Roberto Ferreira - IFMG

**Palavras-chave:** Esteatita, Pedra sabão, Resíduos, Resistência mecânica.

**Campus:** Ouro Branco

**Área do Conhecimento (CNPq):** Engenharia de Materiais e Metalúrgica. Metalurgia de Pó

**Tipo de bolsa:** PIBIC

**Financiador:** IFMG – Campus Ouro Branco

### RESUMO

No presente trabalho propõem-se avaliar a utilização dos resíduos de esteatita, oriundos do processo de torneamento de pedra sabão, produzindo compostos sintéticos de esteatita. A esteatita é um mineral de origem metamórfica abundante no estado de Minas Gerais e tem como principal utilização a produção de peças artesanais e os seus resíduos, em geral, granulometria bastante fina e pouca aplicação. Nesse trabalho, os resíduos de esteatita foram peneirados em uma peneira de 20 malhas por polegada quadrada. (20 mesh) e, material passante foi misturado com argamassa refratária, acetato de polivinila (PVA), parafina granulada e água. As misturas obtidas foram, então, compactadas sob forças de 10, 30 e 50 KN e com uma pré -carga de 5 KN. Para aferição das propriedades mecânicas dos compactados obtidos foram realizados ensaios de compressão diametral nas amostras. Os resultados até então obtidos, demonstraram que o compósito de resíduo de esteatita produzido apresenta resistência física e mecânica adequados à confecção objetos artesanais e, ao contrário do esperado, as amostras submetidas aos maiores valores de força compressiva, propostos, resultaram em valores inferiores de resistência mecânica.



## INTRODUÇÃO:

A esteatita, popularmente conhecida como pedra-sabão é um mineral de origem metamórfica, abundante no estado de Minas Gerais e bastante utilizado para a produção de peças artesanais. <sup>[1]</sup>

A produção dessas peças é feita a partir do desgaste da rocha *in natura* gerando, assim, grande quantidade de resíduos em pó. Entre os minerais presentes na esteatita estão a clorita, quartzo, calcita, dolomita, magnesita, hematita entre outros. <sup>[2]</sup>

Devido às características físicas e mecânicas como a baixa dureza e a boa estabilidade dimensional, este material permite a fabricação de peças com elevado grau de complexidade, além de apresentar boa resistência em condições adversas (exposição ao frio, calor, chuva, sol entre outros), o que o faz deste material ideal para a produção de peças artísticas como aqueles produzidas por Aleijadinho nas cidades históricas de Minas Gerais. <sup>[3]</sup>

Apesar da grande aplicação, ainda há pouca pesquisa sendo realizado para o desenvolvimento de novas aplicações da esteatita e conseqüentemente o aproveitamento de seus resíduos. Uma importante contribuição para o desenvolvimento de novas aplicações foi dada por Ranieri em 2011, onde se propôs o desenvolvimento de um método de reaproveitamento dos resíduos misturados a aglomerantes de baixo e submetidos a compactação. O método desenvolvido por Ranieri foi levado e aprovado por artesãos do Distrito de Santa Rita de Ouro Preto, Ouro Preto - MG. <sup>[1]</sup>

## METODOLOGIA:

No presente trabalho propõe-se, através de um método experimental, desenvolver rotas alternativas para o uso dos resíduos da esteatita e melhorar o método proposto por Ranieri <sup>[1]</sup>. Foram utilizados resíduos da chamada esteatita esverdeada, que são conhecidas por possuírem melhores propriedades refratárias e por serem utilizada na fabricação de painéis e/ou utensílios de cozinha. Os resíduos foram então peneirados, em peneiras contendo 20 malhas por polegada quadrada (20 mesh), de forma a se obter homogeneidade.

Em relação aos aglomerantes utilizou-se argamassa refratária para cerâmicos compostas de 30 % em peso  $\text{SiO}_2$ , 45 % em peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  micronizado e 25 % em peso de adesivo a base de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , parafina granulada, acetato de polivinila (PVA) e água potável. Pela necessidade de obtenção de resistência, o método de conformação escolhido foi a prensagem uniaxial para a formação de todos os compostos sintéticos de esteatita.

Foram produzidas 6 (seis) amostras e respectivas réplicas com massa total de aproximadamente 65 gramas. As massas de cada material utilizado na produção das amostras são encontradas na tabela 1.



Tabela 1 – Composição em massa dos materiais misturados para formação das amostras.

Material	Massa (g)	% (peso)
Esteatita	50	77,0
Argamassa	5	7,7
PVA	2,5	3,8
Parafina granulada	5	7,7
Água	2,5	3,8

Para a compactação das amostras adaptou-se uma Máquina Universal de ensaios mecânicos EMIC DL-30000 de carga máxima de 300 KN, com uma punção de aço SAE 1020 com diâmetro de 40 mm, de forma com que este se encaixasse, perfeitamente, em um tubo também de aço SAE 1020, contendo 41 mm de diâmetro interno, utilizado como matriz de compactação. A figura 1 mostra o equipamento utilizado na compactação das amostras.





Figura 1 - Máquina Universal para ensaios mecânicos EMIC DL-30000 utilizada para a compactação das amostras.

As amostras apresentando 2 cm de altura e obtidas em réplicas foram, então, compactadas com 3 (três) forças diferentes: 10, 30 e 50 KN, com uma pré-carga de 5 KN. Após compactação, aguardou-se por 48 horas a secagem do compactado.

Após a secagem *in natura* as amostras tal qual obtidas após compactação foram, então, submetidas à compressão diametral, direção de maior resistência da geometria, conforme mostrado na figura 2.

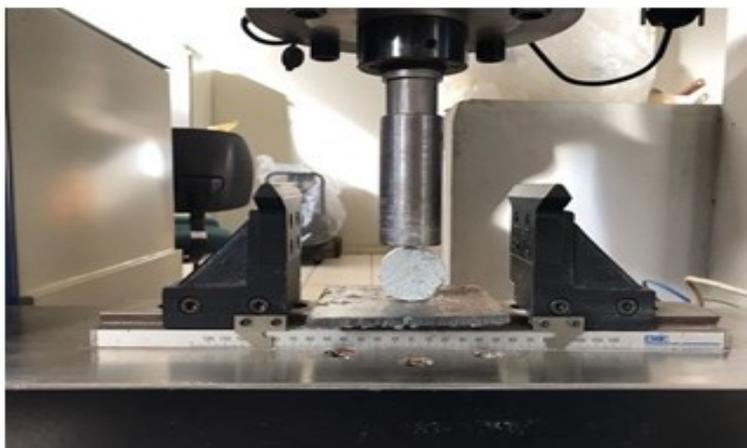


Figura 2- Esquema do ensaio de compressão diametral realizado nas amostras obtidas.

A escolha deste ensaio foi motivada pela facilidade de obtenção dos resultados e pela fácil repetibilidade. Mediante ao método exposto, mediu-se a força máxima que amostras suportaram sem se romper, de forma a caracterizar as propriedades mecânicas do material obtido. Foi estabelecido, ainda, que seriam submetidas aos testes, para um mesmo valor de força de compactação aplicada, 2 (duas) amostras e, que se houvesse variações de resultados em até 10% seria, então, usada a replica para extinguir dúvidas quanto aos valores da resistência à compressão registrados.

Os resultados obtidos foram então correlacionados com a força de compactação e serão descritos a seguir. Após a execução do ensaio de compressão diametral, foi feito o cálculo da resistência à compressão de acordo com a equação 1 <sup>[4,5]</sup>.

$$\sigma = \frac{2P}{\pi Dh} \quad \text{equação 1}$$

Sendo P a carga aplicada, D o diâmetro da amostra e h a espessura da amostra<sup>[4,5]</sup> conforme ilustrado na Figura 3.

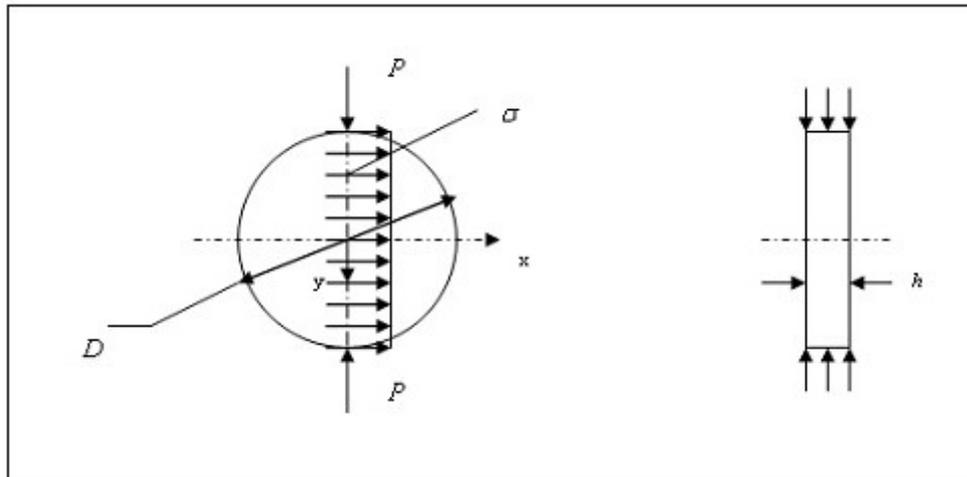


Figura 3 - Distribuição de tensão e secção transversal em uma amostra submetida a ensaio de compressão diametral

### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

A partir das amostras compactadas, segundo metodologia proposta no presente estudo, mediu-se a espessura dessas e verificou-se que quanto maior é a força de compactação aplicada menor é a espessura obtida no produto final.

Foi, também, observado que as amostras submetidas à secagem por 48 horas fragmentaram-se, mediante a ação de forças compressivas, bem menos que as amostras recém-compactadas e não submetidas a secagem. Apesar das amostras recém-compactadas e não submetidas à secagem apresentarem boa estabilidade essas, tiveram suas bordas, bastante, fragmentadas.

A tabela apresenta os valores dos parâmetros utilizados no ensaio bem como os respectivos valores de resistência à compressão registrados para cada uma das 6 (amostras) amostras submetidas ao ensaio de compressão diametral

Tabela 2 – Resistência mecânica por compressão diametral.

Amostras	Força de Compactação (KN)	Carga de compressão (N)	Espessura (mm)	Diâmetro (mm)	Resistência à Compressão (KPA)
<b>Amostra 1</b>	10	790	24,5	40	513,19
<b>Amostra 2</b>	10	700	24	40	464,20
<b>Amostra 3</b>	30	410	21	40	310,73
<b>Amostra 4</b>	30	410	21	40	310,73
<b>Amostra 5</b>	50	450	21	40	341,05
<b>Amostra 6</b>	50	380	19	40	318,31



As amostras 1 e 2 apresentaram os maiores valores de resistência à compressão e tais valores de resistência à compressão podem, provavelmente, estar associados ao fato de terem sido elas compactadas com uma força de 10 KN. Na Figura 4 é possível observar o comportamento típico, apresentado pelas amostras, durante o ensaio de compressão diametral, ou seja, ocorreu a formação de trincas verticais alinhadas à direção do esforço.



Figura 4 – Amostra após o ensaio de compressão diametral.

A partir das informações da tabela 2, foi feito o gráfico de dispersão relacionando as amostras e suas respectivas resistências. Com o gráfico, pode-se perceber uma certa correlação entre a resistência à compressão e a densidade das amostras. Porém, ainda, não se pode prever algo em relação aos valores de resistência à compressão nas amostras submetidas à força de compactação superar os 50 KN, valor utilizado como limite superior de compactação no presente trabalho e será discutido futuramente,

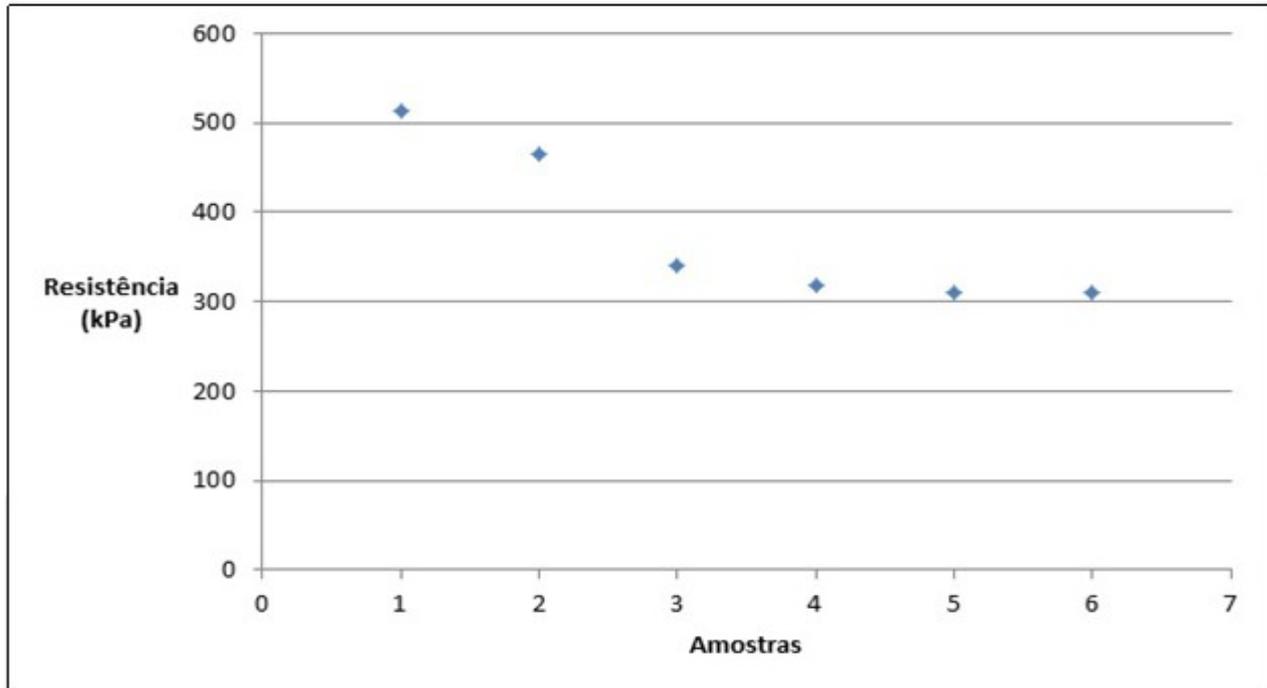


Figura 5 - Resistência mecânica à compressão diametral.

## CONCLUSÕES:

As amostras de composto sintético, aqui desenvolvido, apresentaram as propriedades desejadas pela atividade artesanal, principalmente no que diz respeito a trabalhabilidade. Com relação à porosidade, após a compactação e secagem das amostras, notou-se que essas fragmentaram-se bem menos que aquelas amostras recém-compactadas que, apesar da boa estabilidade estrutura apresentada, essas resultaram em bordas fragmentadas

A partir dos ensaios de compressão diametral, pode-se concluir que a adição de argamassa refratária usada no assentamento de tijolos refratário compostas de 30 %  $\text{SiO}_2$ , 45 % de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  micronizado e 25 % de adesivo a base de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (% em peso), parafina granulada, acetato de polivinila (PVA) e água potável, conferiram, ao compósito de resíduo de esteatita, resistência física suficiente para a confecção objetos artesanais.

Os resultados até então obtidos, demonstraram que, semelhante aos materiais cerâmicos, as amostras submetidas aos maiores valores de força compressiva, propostos, resultaram em valores inferiores de resistência mecânica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

[1] SANTOS, R. A. **Viabilidade da utilização de resíduos da Pedra sabão na fabricação de material refratário**. 2010, 40 f. Monografia (Graduação em Engenharia Metalúrgica) – Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2010.



[2] TORRES, H. S. S. **Caracterização do refugo do esteatito das indústrias e oficinas artesanais da região de Congonhas, Conselheiro Lafaiete, Mariana e Ouro Preto.** 2007, 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2007.

[3] RODRIGUES, M. L. M., LIMA, R. M. F., **Cleaner production of soapstone in the Ouro Preto region of Brazil, a case study.** Journal of Cleaner Production, 32, 2012, p. 149-156.

[4] TORRES, H. S. S., VARAJÃO, A. F. D. C., SABIONI, A. C. S. **Applied Clay Science. Technological properties of ceramic produced from steatite (soapstone) residues–kaolinite clay ceramic composites.** Santa Luzia, v. 23, n. 5, pag. 45–57. 2015.

[5] RANIERI, M. G. A. **Aproveitamento dos resíduos gerados pelo processamento industrial/artesanal de pedra-sabão da região de Ouro Preto.** 2011, 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica de Materiais) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá. 2011.