

**15º Congresso Brasileiro de Polímeros**  
**27 a 31 de outubro de 2019**

## **GERAÇÃO DE POSSÍVEIS PEÇAS PARA VESTUÁRIO CONSTITUÍDAS DE POLIAMIDA E MUSCOVITA**

**Gabriella Neto Chagas<sup>1\*</sup>, Roberto Carlos da C. Ribeiro<sup>1</sup>, Daniele Cruz Bastos<sup>2</sup> e Maiccon Martins Barros<sup>1</sup>**

*1 - Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Av. Pedro Calmon, 900, Ilha da cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ  
gabriellanetoc@gmail.com; rcarlos@cetem.gov.br*

*2 - Escola de Engenharias – Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO), Rio de Janeiro, RJ  
danielebastos@uezo.rj.gov.br*

**Resumo:** A geração de vestuário com maior controle térmico é de grande importância para melhorar as condições de trabalho de pessoas que exercem suas atividades sob sol escaldante. Nessa óptica, atrelado à reutilização de resíduos de rochas ornamentais, o presente projeto teve como objetivo tentar gerar peças de vestuários constituídos de poliamida 6 e muscovita, que é um mineral residual do corte de rochas pegmatíticas, e apresenta características de isolamento térmico. Foram gerados corpos de prova contendo 50, 70, 80, 90 e 95% de muscovita, em massa, na matriz da poliamida, que foram submetidos a ensaios de índices físicos e poder de absorção da temperatura. Verificou-se que a adição de 95% de carga mineral não alterou significativamente os índices físicos das amostras, tendo a massa específica aumentada apenas de 1,30 para 1,60 g·cm<sup>-3</sup>. Além disso, corpos de prova contendo 90% de carga mineral na matriz da poliamida permitem a redução da temperatura em mais de 50%.

**Palavras-chave:** *poliamida, muscovita, vestuário, resíduos de rochas ornamentais.*

### ***GENERATION OF POSSIBLES CLOTHINGS PIECES CONSTITUTED BY POLYAMIDE AND MUSCOVITE***

**Abstract:** The generation of clothing pieces with greater thermal control is of great importance to improve the working conditions of people who exercise their activities under hot sun. From this perspective, linked to the reuse of ornamental stone residues, the present project aimed to generate garments made of polyamide 6 and muscovite, which is a residual mineral from the pegmatite rocks cut, and presents thermal insulation characteristics. Tensile specimens containing 50, 70, 80, 90 and 95% of muscovite, by mass, were generated in the polyamide matrix, which were submitted to physical indices tests and temperature absorption power. It was found that the addition of 95% of mineral filler did not significantly alter the physical indices of the samples, since the specific mass increases only from 1,30 to 1,60 g·cm<sup>-3</sup>. In addition, specimens containing 90% of the mineral filler in the polyamide matrix allow the temperature to be reduced by more than 50%.

**Keywords:** *polyamide, muscovite, clothing, dimension stone waste.*

### **Introdução**

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 50% dos brasileiros trabalham de 40 a 44 horas semanais [4]. Diante desse cenário, a preocupação com o bem estar dos trabalhadores durante as horas trabalhadas se torna um fator importante para a produtividade e saúde do indivíduo, principalmente em ambientes de periculosidade e insalubridade. Condições

extremas de temperatura e riscos físicos, envolvendo eletricidade, por exemplo, muitas vezes não conseguem ser excluídos do ambiente de trabalho, mas podem ser minimizados a partir de um vestuário adequado.

A ergonomia considera os produtos como meios para proporcionar uma harmoniosa dinâmica do sistema homem-máquina-ambiente, salientando que os estudos e pesquisa deste sistema visam possibilitar o adequado funcionamento de cada elemento [5]. No contexto do trabalho, isso pode ser estendido aos serviços prestados por profissionais das áreas de eletricidade, aos coletores de lixo, ambulantes nas praias, dentre outros que ao utilizarem vestuários adequados, aumentam seu desempenho no trabalho.

Os polímeros são substâncias orgânicas elaboradas a partir da polimerização de compostos orgânicos, sendo constituídos por cadeias carbônicas flexíveis e moldáveis [6]. Com base nisso, são vastas as aplicações de seus materiais, incluindo no setor de vestimenta. A poliamida 6 é um termoplástico de ampla acessibilidade e aplicabilidade que, com o incremento de cargas minerais, como a muscovita, mineral com propriedades de isolamento elétrico, térmico e acústico [1], permitirão a geração de vestuários contendo essas propriedades.

A muscovita é um mineral que pode ser encontrado como subproduto do beneficiamento da rocha pegmatítica com fins ornamentais, extraído na Província Borborema-Seridó no Nordeste brasileiro e sua utilização como carga no setor polimérico poderá representar uma grande mitigação do impacto ambiental, pois o país ocupa a 4ª posição mundial de produção de rochas ornamentais, onde, desde a lavra ao beneficiamento, há perdas de material que correspondem a mais de 60% em massa [2].

## **Objetivo**

O objetivo desse trabalho foi incorporar o mineral mica, que é resíduo do beneficiamento da rocha ornamental pegmatito, como carga na matriz da poliamida, em diferentes proporções, a fim de se gerar peças de vestuário com controle térmico para atender a população que trabalha sob altas condições de calor.

## **Experimental**

### *Origem dos Materiais Utilizados*

Para esse trabalho foi utilizado a muscovita proveniente de resíduos de pegmatitos da região da Borborema-Seridó (PB), previamente caracterizada por FRX e DRX e uma poliamida 6 da Mazzaferro, Mazmid B261.

### *Preparação dos Compósitos*

Cinco concentrações foram adotadas para a geração dos compósitos: 50%, 70%, 80%, 90% e 95%, em massa de resíduo.

Para o processamento dos materiais na câmara de mistura, estes foram previamente secos (80°C) por 24 h em estufa SALVISLAB e as formulações (Tabela 1) foram processadas em câmara de mistura interna acoplado a um reômetro de torque Haake com rotores do tipo ROLLER contrarrotantes a uma razão de velocidade de 2:3 na temperatura de 220°C. A velocidade dos rotores foi ajustada em 80 r.p.m. O tempo total de mistura de 7 min., sendo os 2 min iniciais apenas para o processamento da poliamida, foi determinado a partir da curva de torque versus tempo, onde o torque final expresso em Nm e a energia específica estão J/Kg, respectivamente. O cálculo da massa da muscovita e do polímero foi feito em relação ao volume de 69 cm<sup>3</sup>. Esse valor representa

o volume livre da câmara interna equipado com os rotores do tipo ROLLER acoplados ao reômetro de torque, usando o fator de preenchimento de 70%. A concentração dos materiais foi expressa em percentagem (%). Por fim, todas as misturas foram moídas em um moinho de duas facas da marca SEIBT com velocidade de rotação de 1.150 r.p.m. As misturas então granuladas foram prensadas inicialmente em uma prensa hidráulica aquecida a 215°C da marca MARCONI por 15 min a uma pressão de 7 ton e resfriadas em uma prensa a frio, também da marca MARCONI, por 2 min a uma pressão também de 7 ton. A prensagem dispensou molde, utilizando apenas duas folhas metálicas como superfície de contato, com dimensões de 20 cm x 20 cm. Foram utilizadas 10 g de mistura por corpo de prova, gerando compósitos com aproximadamente 0,45 mm de espessura.

**Tabela 1** – Composição dos compósitos de Poliamida 6 e muscovita.

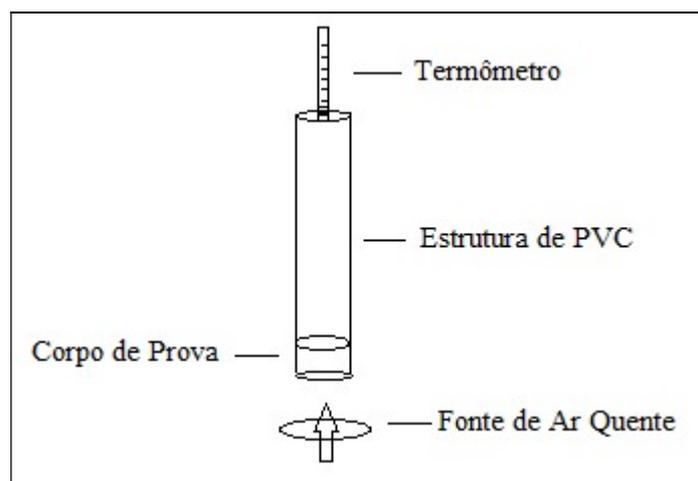
	50% de resíduo	70% de resíduo	80% de resíduo	90% de resíduo	95% de resíduo
Massa PA 6 (g)	47,75	42,85	41,53	40,30	39,70
Massa de resíduo (g)	22,87	30,00	33,23	36,27	37,72

### *Índices Físicos*

Os testes que possibilitaram a determinação de porosidade e absorção de água dos corpos de prova foram baseados na norma ABNT NBR 15845-2:2015 .

### *Isolamento Térmico*

Em um tubo de PVC de 30 cm de comprimento, as amostras foram posicionadas na extremidade inferior, enquanto um termômetro foi inserido na abertura superior. Posteriormente, uma corrente de ar contínua a 80°C foi aplicada à amostra durante intervalos de 10, 20 e 30 minutos, sendo monitorada a temperatura interna no PVC, conforme a Figura 1.



**Figure 1:** Esquema do teste de isolamento térmico.

## Resultados e Discussão

### Índices Físicos

Na Tabela 2 observa-se o comportamento dos índices físicos das amostras onde se verifica o aumento da porosidade e absorção de água à medida que a muscovita é adicionada na matriz da poliamida, pois esse mineral lamelar permite uma distribuição capaz de formar poros, aumentando assim esses fatores. No entanto, por se tratar de um material de baixa massa específica, não se observa um aumento significativo dessa propriedade, ou seja, com 50% de carga mineral tem  $1,30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  e ao adicionar-se 95% de carga chega-se no máximo a valores em torno de  $1,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , indicando a leveza do compósito processado.

**Tabela 2** – Índices físicos da poliamida pura e dos compósitos.

% Muscovita	Porosidade (%)	Absorção d'água (%)	Densidade ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )
0%	1,28	1,30	1,14
50%	3,03	2,33	1,30
70%	7,69	4,88	1,58
95%	8,11	4,92	1,65

### Isolamento Térmico

A Tabela 3 apresenta os valores de temperatura no interior do tubo de PVC, dado um intervalo de tempo e uma quantidade de camadas (cada camada representa 1 mm) para cada composição.

Verifica-se que com o aumento do percentual de carga, de 50 a 95%, houve uma maior redução da temperatura, o que atesta a propriedade de isolamento térmico conferido ao compósito.

A temperatura inicial do tubo encontrava-se em torno de  $80^\circ\text{C}$  e quando se utilizava 1 corpo de prova do compósito contendo 50%, em massa, de mica a temperatura reduz-se para  $40^\circ\text{C}$  nos primeiro 10 minutos de exposição de calor, estabilizando-se em  $30^\circ\text{C}$  após 30 minutos de exposição de calor. Aumentando-se o número de camadas para 2 ou 3, não se observa maior eficácia na redução na temperatura, ficando-se com  $30^\circ\text{C}$  novamente, indicando que com 1 camada, ou seja, 0,45 mm de espessura, já há uma redução significativa, de mais de 50% , no valor da temperatura.

Verifica-se que o aumento do valor percentual de mica na matriz da poliamida faz com que a temperatura se estabilize em  $32^\circ\text{C}$  quando, se utiliza 90% de mica na matriz da poliamida, indicando ser a melhor proporção a ser aplicada para a geração do compósito.

**Tabela 3** – Temperatura em  $^\circ\text{C}$  no interior do tubo segundo o número de camadas e composição.

% Muscovita	Nº de Camadas	Tempo (minutos)		
		10	20	30
0%*	1	80	80	80
	2	80	80	80
	3	80	80	80
50%	1	40	34	30

	2	32	30	30
	3	30	30	30
	1	36	32	30
70%	2	31	32	30
	3	30	30	30
	1	34	31	30
80%	2	30	30	30
	3	30	30	30
	1	32	31	30
90%	2	30	30	30
	3	30	30	30
	1	36	33	34
95%	2	33	32	31
	3	30	30	30

\*Os ensaios com a poliamida 6 pura, mostraram que o polímero sofreu deformação quando exposto a tal temperatura, nas três diferentes espessuras, permitindo a passagem total da corrente de ar para o interior do tubo.

## Conclusões

Pode-se concluir que os resíduos gerados no beneficiamento da rocha ornamental pegmatito, rico com o mineral mica, pode ser aplicado na matriz da poliamida até uma concentração máxima de 95%, em massa, gerando compósitos com pouca variação da massa específica, saindo de  $1,30 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  para  $1,60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  e capazes de reter a temperatura do meio em mais de 50%, indicando a viabilidade técnica de formação de peças de vestuário com elevada capacidade de controle térmico. Recomenda-se, a princípio, a geração de macacões para pessoas que exercem atividades sob forte ação do calor.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao CETEM, ao INT e à UEZO pela infraestrutura.

## Referências

1. Lima, A. B. T., Aplicações de Cargas Minerais em Polímeros, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil). 2007.
2. Campos, A. R., Resíduos: Tratamento e Aplicações Industriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI. ISBN: 987-85- 8261-005-3. p 433 – 492, 2014.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rochas para revestimento Parte 2 – Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água. ABNT NBR 15845-2:2015.
4. IBGE, Diretoria de Pesquisa, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2014-2015.
5. Iida, I. Ergonomia Projeto e Produto. Ed.; Edgar Blücher Ltda. São Paulo, 2005.
6. Canevarolo Jr., S. V., Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. ArtLiber Editora, São Paulo, 2006, 2<sup>a</sup> edição.