

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE RESÍDUOS DE ROCHAS CARBONÁTICAS ORNAMENTAIS NA GERAÇÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

**Camila Maria Rosa Arruda**

Aluna de Graduação de Engenharia de Materiais, UFRJ  
Período BIC/CETEM, janeiro de 2010 a julho de 2012,  
cmarruda@cetem.gov.br

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro**

Orientador, Professor Engenheiro Químico, D. Sc.,  
rcarlos@cetem.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a ABIROCHAS (2009), o Brasil é o 6º produtor mundial de rochas ornamentais, com produção anual de cerca de 8 milhões de toneladas. O parque industrial brasileiro é constituído de aproximadamente 1.600 teares de lâminas convencionais e atrelada a essa produção observa-se a geração de uma quantidade significativa de resíduos grosseiros (casqueiros e sobras de chapas e ladrilhos) e de resíduos finos na forma de lama, geralmente composta por água, pó de rocha e abrasivo (granalha) (SILVA, 1998).

É sabido que estes resíduos constituem uma grande ameaça ao meio ambiente, o que acarreta em um grave problema econômico para o setor, que é a estocagem desse material. Por isso, o desafio desta indústria extrativa de rochas ornamentais é o destino que se dará a esses resíduos ao longo do tempo.

Nesse contexto, surge a indústria polimérica que pode ser mais uma alternativa para a aplicação dos resíduos na geração de compósitos, uma vez que a adição de cargas minerais aos materiais termoplásticos tem se tornado cada vez mais frequente nesse setor. As cargas são incorporadas visando melhorar as propriedades térmicas, mecânicas e termomecânicas, mudando a aparência superficial e as características de processamento, e em particular reduzindo os custos da composição polimérica. O custo da carga e sua influência no preço final do compósito afeta fortemente a sua escolha (RAMOS *et al*, 1993).

As propriedades de um compósito dependem de alguns fatores, tais como: natureza da matriz, concentração da carga, interação carga-matriz e condições de processamento. No que diz respeito à carga as características mais importantes são seu tamanho e forma, sua capacidade de agir como agente nucleante para a cristalização e sua capacidade de aderir à matriz.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi analisar as modificações nas propriedades do polipropileno com a incorporação de diferentes resíduos oriundos do corte de calcários ou mármore; visando à mitigação do impacto ambiental e a produção de compósitos de baixo custo que possam ser utilizados na indústria polimérica na confecção dos mais diversos objetos, desde mobiliários escolar e urbano até a fabricação de peças automotivas e de aeronaves.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. Origem dos Materiais

O Polipropileno apresenta índice de fluidez 1,5 g/10min e densidade de 0,903 g.cm<sup>-3</sup> e foi fornecido pelo Instituto Nacional de Tecnologia - INT. Já os resíduos, são oriundos do corte das seguintes rochas: calcário Bege Bahia (BB), da cidade de OuroLândia – BA; do calcário Cariri (CC), da cidade de Santana do Cariri - CE; e dos mármore branco e cinza da região de Caiacó – RN.

### 3.2. Análise Química e Mineralógica dos Resíduos

A determinação da composição química e mineralógica dos resíduos foi realizada pela Coordenação de Análises Mineraias (COAM) do CETEM.

### 3.3. Processamento dos Compósitos

O processamento consistiu, numa primeira etapa, da mistura do polipropileno com cada resíduo de calcário, e todos os compósitos foram processados com 10, 20, 30, 40 e 50%, em massa. Em seguida, a mistura foi extrusada, por meio da extrusora dupla-rosca modelo DCT 20, utilizando-se as seguintes condições: velocidade de rotação de 200 r.p.m., com zonas de temperaturas compreendidas entre 165°C e 230°C para a confecção do compósito. A forma final dos corpos de prova foi obtida pela máquina Injetora *Battenfeld Plus 35*. As nomenclaturas das diferentes composições dos resíduos de calcários nos compósitos encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Percentual de resíduo em cada compósito.

XX01	XX02	XX03	XX04	XX05	XX06
0	10%	20%	30%	40%	50%

Onde XX se refere às siglas dos diferentes resíduos: BB - Bege Bahia; CC – Calcário do Cariri; RNB – Rio Grande do Norte Branco; RNC –Rio Grande do Norte Cinza.

### 3.4. Realização de Ensaios de Caracterização dos Compósitos

#### 3.4.1. Determinação da Densidade

A densidade dos compósitos foi determinada segundo a norma (ABNT, 1998).

#### 3.4.2. Comportamento Mecânico

O ensaio de tração foi realizado utilizando-se uma máquina de ensaios mecânicos da marca *Emic*, de acordo com a norma (ASTM D, 2008) a temperatura de 23 °C e velocidade de 50mm/min. O ensaio de impacto, realizado por meio da máquina de teste *Izod*, de acordo com a norma (ASTM, 2005), com pêndulo de energia nominal de 2,7J e corpo de prova com entalhe de 2,54mm. Já o ensaio de flexão foi realizado utilizando-se uma máquina universal de ensaios mecânicos da marca *Emic*, de acordo com a norma (ASTM, 2007), a temperatura de 23 °C e velocidade de 1,3mm/min.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Processamento do Compósito de Polipropileno e Calcários

A Figura 1a apresenta os perfis de fita obtidos no processamento dos compósitos com o resíduo de Bege Bahia (BB) e a Figura 1b apresenta os perfis de fita do polipropileno puro e dos compósitos com 30% de carga de Calcário do Cariri e com os mármores branco e cinza do Rio Grande do Norte Branco.

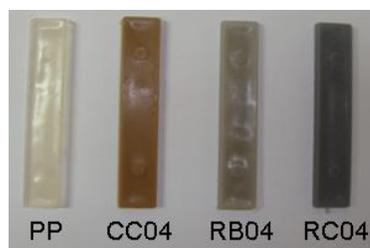


Figura 1(a). Composição (%) dos compósitos BB. Figura 1(b). PP e Compósitos CC, RB e RC a 30%.

#### 4.2. Análise Química e Mineralógica

A análise química indicou que o principal elemento de todos os resíduos é o cálcio, com valor médio de 55%, sendo encontrado na forma de calcita, indicado nos difratogramas de raios-x. Já os teores de sílica (< 0,2%), e óxido de ferro (< 0,3%) são muito baixos, indicando a potencialidade dos resíduos como cargas minerais no setor polimérico, pois esses dois elementos, que são responsáveis em aumentar a abrasão durante o processamento de extrusão e manchamento no produto final devido à oxidação, respectivamente, estão em concentrações adequadas para o setor. No entanto, a única diferença significativa observada entre os resíduos é o teor de sílica do mármore cinza, que chega a 2,5%, sendo possivelmente responsável pela sua coloração cinza e maior dureza.

#### 4.3. Realização de Ensaio de Caracterização dos Compósitos

##### 4.3.1. Determinação da Densidade

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de densidade dos compósitos. O valor encontrado para o PP puro (01) foi em torno de  $0,9 \text{ g.cm}^{-3}$ , compatível com o valor da literatura,  $0,92 \text{ g.cm}^{-3}$  (MANO, 1991). Observou-se também um aumento progressivo da densidade com a adição das cargas, porém não se ultrapassa  $1,2 \text{ g.cm}^{-3}$ . Esses resultados são muito promissores, pois o controle de densidade é muito importante em diversos setores industriais, como automotivo e de aviação, onde a diminuição do peso final do produto é um fator de grande importância. Verifica-se que os mármore foram responsáveis na geração de compósitos com maiores valores de densidade, possivelmente devido à sua formação geológica, uma vez que o mármore é uma rocha metamórfica, apresentando em sua composição, mica, feldspato, dentre outros minerais, que devem afetar esse comportamento.

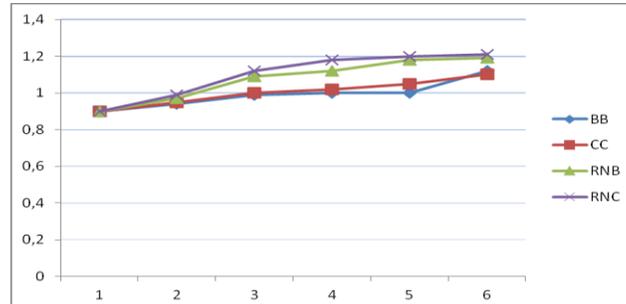


Figura 2. Densidade dos Compósitos.

##### 4.3.2. Comportamento Mecânico

A tensão de escoamento (Figura 3) é a tensão máxima que o material suporta ainda no regime elástico de deformação. Com isso, verifica-se que a presença dessa carga é responsável por fazer com que os compósitos suportem menos tensão, independente do tipo de resíduo aplicado. Na figura 4 observa-se que a deformação específica na ruptura do polipropileno, isento de carga mineral, é alta, chegando-se a valores em torno de 300%, e que a adição do resíduo é responsável pela estabilização mecânica do material, uma vez que a deformação específica diminui gradativamente, chegando-se a valores em torno de 10%. No entanto, os mármore foram responsáveis para a melhor estabilização do compósito, pois por se tratarem de rochas metamórficas, que sofreram mudanças mineralógicas, químicas e estruturais, no estado sólido, apresentaram maior dureza e resistência que os calcários.

Na figura 5 pode-se verificar o módulo de elasticidade dos compósitos. O módulo de Young ou módulo de elasticidade é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um

material sólido. Com isso, verifica-se que os compósitos formados com resíduos de mármore sofreram diminuição da elasticidade mais significativa que os compósitos de calcário, corroborando os resultados anteriores. Na Figura 6, correspondente ao ensaio de Impacto Izod, verifica-se que a adição do resíduo é responsável pela estabilização mecânica do material, uma vez que com a adição de carga os valores de resistência ao impacto se mantêm em torno de 20 J/m, independente do tipo de resíduo.

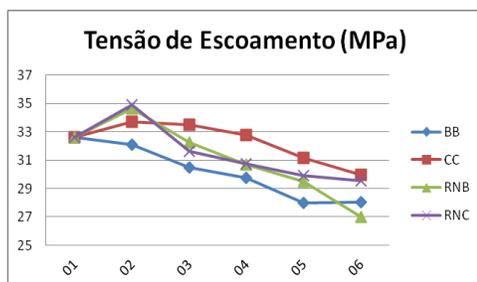


Figura 3. Tensão de Escoamento.

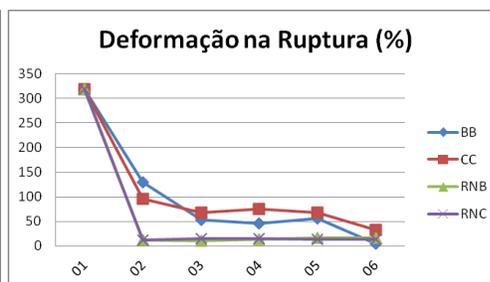


Figura 4. Deformação Específica de Ruptura.

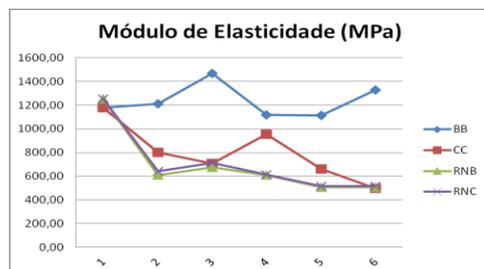


Figura 5. Módulo Elástico.

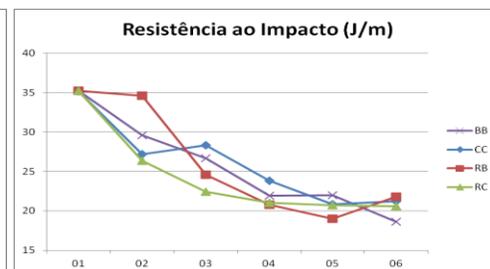


Figura 6. Resistência ao Impacto.

## 5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os resíduos de mármore e calcário podem ser utilizados como carga mineral na produção de compósitos de polipropileno, chegando-se a 50% em massa, com valores de densidade extremamente baixos e elevada resistência mecânica. Observou-se, que os resíduos de calcários proporcionam compósitos com menores densidades e que os resíduos de mármore geram compósitos de maior resistência mecânica, devido, possivelmente às diferenças químicas, estruturais e morfológicas de ambos.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao Cetem e ao INT pela infraestrutura e à D. Sc. Márcia Gomes de Oliveira e ao tecnólogo Renato Barros.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIRROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS, Informe 18/2009, São Paulo, São Paulo (Brasil).

MANO, E. B. **Polímeros como Materiais de Engenharia**. ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, Brasil, 1991.

RAMOS, S. M. L. S., CARVALHO L. H., SPIETH, E., RIVADULA, R. S. M., Efeitos da estabilização do Polipropileno nas propriedades térmicas, mecânicas e termo-mecânicas de compósitos de Polipropileno/Atapulgita. Revista Polímeros, 1993.

SILVA, S. A. C., **Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito: Estudo do Potencial de Aplicação na Fabricação de Argamassa de Assentamento e de Tijolos de Solo-**

**Cimento.** Dissertação (Mestrado) – Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 1998.