

Tema: Iniciação Científico-Tecnológico

## EFEITO DO MÉTODO DE INCORPORAÇÃO DE PÓ DE SERRA EM MATRIZ DE POLIPROPILENO TENACIFICADO (PP/EPDM/TALCO) NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DO COMPÓSITO FINAL\*

*Juliana Satie Watai<sup>1</sup>  
Baltus Cornelius Bonse<sup>2</sup>*

### Resumo

Foi estudado o efeito do método de incorporação de pó de serra em PP/EPDM/talco, nas propriedades mecânicas e térmicas do compósito final. Os três métodos de incorporação foram: pré-mistura, por tamboreamento, de todos os componentes com injeção subsequente; alimentação em separado da fibra, da matriz polimérica e compatibilizante em extrusora dupla rosca co-rotacional, com injeção subsequente; pré-mistura, por tamboreamento, de todos os componentes, alimentação conjunta em extrusora dupla rosca co-rotacional, com injeção subsequente. A adição de fibras conferiu maiores valores de temperatura de deflexão ao calor (HDT), resistências à tração e à flexão, módulo de Young e menores resistência ao impacto e deformação em relação à matriz. Para o mesmo teor de fibras, o método de alimentação conjunta apresentou os maiores valores de resistência à tração e flexão, módulo de Young, e HDT, e maior queda na resistência ao impacto. O método com dois alimentadores apresentou maior deformação e maior resistência ao impacto. Análise termogravimétrica revelou menor teor de fibra incorporado, para o método com dois alimentadores em relação aos outros métodos. A análise de micrografias obtidas por MEV não revelou diferenças significativas na adesão entre fibra e matriz, quanto ao método de incorporação.

**Palavras-chave:** Compósito; Pó de serra; PP/EPDM/talco; Método de incorporação.

### SAWDUST INCORPORATION SCHEMES IN TOUGHENED POLYPROPYLENE (PP/EPDM/TALC): EFFECT ON COMPOSITE THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES

#### Abstract

Three schemes of incorporating sawdust in PP/EPDM/talc have been investigated regarding their effect on composite mechanical and thermal properties. The schemes were: tumble premixing of all components with subsequent injection molding; separate feeding of fiber, polymer matrix, and compatibilizer in a co-rotating twin screw extruder and subsequent injection molding; tumble premixing of all components, joint feeding in co-rotating twin screw extruder with subsequent injection molding. Fiber incorporation increased heat deflection temperature (HDT), tensile and flexural strength, Young's modulus and decreased impact strength and strain at break in relation to the matrix. At constant fiber content, joint feeding showed the highest values of tensile and flexural strength, Young's modulus, and HDT, and lowest impact resistance. The schemes with two feeders showed highest strain at break and impact strength. Thermogravimetric analysis revealed less fiber incorporation for the scheme with two feeders in relation to the other methods. SEM revealed no significant differences in adhesion between fiber and matrix, regarding incorporation scheme.

**Keywords:** Composite; Sawdust; PP/EPDM/talc; Incorporation scheme.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Materiais, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, Prof. Dr. do Departamento de Materiais, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Compósitos de termoplásticos reforçados com fibras naturais têm atraído grande interesse de pesquisadores, não somente pela questão ambiental, mas também por razões econômicas, reciclabilidade e facilidade de processamento. As características destes compósitos que os torna promissores como materiais industriais e de engenharia incluem sua baixa densidade, elevada resistência específica e elevado módulo específico [1].

O composto de polipropileno (PP), tenacificado com elastômero etileno-propileno-mônômero dieno (EPDM) e aditivado com talco, tem sido utilizado em para-choques, remates e painéis exteriores, já que a adição de uma fase elastomérica ao polipropileno aumenta sua resistência ao impacto, porém, há uma diminuição do Módulo de Young, perda de resistência à tração e maior deformação [2]. Para recuperar a perda de rigidez, com a incorporação de EPDM, é adicionado, comumente, talco à blenda PP/EPDM, a teores entre 10 e 40%, aumentando também a resistência térmica, resistência à fluência, estabilidade dimensional e resistência ao calor e à umidade [3].

Materiais derivados da madeira, como o pó de serra, combinados com polímeros termoplásticos têm conquistado atenção nos últimos anos na indústria [4]. Uma boa adesão entre a matriz polimérica e a fibra é necessária para uma transferência efetiva de esforços. A diferença em polaridade entre o PP e a fibra natural resulta em compósitos incompatíveis que não servem para ser utilizados em peças estruturais. Assim, torna-se necessário o uso de agentes compatibilizantes, tais como PP enxertado com anidrido maleico (PP-g-MA), que reduzem as tensões interfaciais e melhoram a adesão entre o polímero e a fibra [5]. Outro fator muito importante para a obtenção de compósitos com propriedades mecânicas adequadas é o tipo de processamento utilizado na sua preparação, ou seja, o método de incorporação das fibras na matriz polimérica. A preparação de compósitos de termoplásticos reforçados com fibras é geralmente um processo de dois estágios [6]. O primeiro estágio consiste em misturar as fibras com o polímero, e para alcançar distribuição e impregnação adequadas das fibras utiliza-se comumente uma extrusora dupla-rosca. O segundo estágio é a moldagem das peças, geralmente por meio de injeção.

Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo principal estudar o efeito do método de incorporação de pó de serra em uma matriz de polipropileno tenacificado (PP/EPDM/talco), utilizado em para-choques e painéis exteriores, nas propriedades mecânicas e térmicas do compósito final. Além disso, objetiva viabilizar a aplicação dos compósitos de matriz termoplástica reforçado com fibras, contribuindo para a melhoria de desempenho e para a pesquisa e desenvolvimento desses produtos. A eficiência do método de incorporação foi analisada por microscopia eletrônica de varredura e por meio das propriedades mecânicas e térmicas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Polipropileno modificado com elastômero EPDM e 20% de talco (EF210AEB - Borealis, MFR (230°C/2,16 kg) =24g/10min,  $\rho=1,04 \text{ g/cm}^3$ ), foi doado pela General Motors do Brasil. Como agente compatibilizante utilizou-se 4% em massa do polipropileno enxertado com anidrido maleico (PP-g-MA), sob o código Polybond 3200 (IF= 10 g/10 min a 190 °C e 2,16 kg), com densidade de  $0,92 \text{ g/cm}^3$ , adquirido da Crompton-Uniroyal Chemical (SP, Brasil). As fibras utilizadas no presente

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

trabalho foram pó de serra, fornecido pela Indústria Madeireira Uliana Ltda, coletado diretamente do silo de armazenamento, com diversos tipos de madeiras misturadas: cedro rosa (*Cedrela* sp), cedro arana (*Cedrelinga cateniformis*), ipê (*Tabebuia* spp), angelim (*Hymenolobium petroelum*), marupá (*Simarouba amara*), loro vermelho (*Nectanda rubra*), cumarú (*Dipterysa odorata*), jatobá (*Hymenoclea* sp). As quantidades relativas dos tipos de madeiras não foram determinadas.

O pó de serra foi seco numa estufa à 105°C durante 12 horas antes da realização das misturas e o PP/EPDM/talco foi seco à mesma temperatura por 2 horas, conforme indicação do fabricante, antes da mistura e extrusão. Os compósitos de PP/EPDM/talco com fibras naturais foram preparados conforme três métodos de incorporação. O primeiro método envolve uma pré-mistura, por tamboreamento, do termoplástico, fibras, e compatibilizante num misturador em Y para posterior extrusão em extrusora dupla rosca da Thermo Scientific HAAKE PolyLab modelo PTW 16 e subsequente granulação e injeção, em injetora Battenfeld HM 60/350. No segundo, as fibras foram alimentadas na extrusora em uma posição após a fusão do polímero, para minimizar a quebra das fibras durante a mistura [7], e injeção posterior. No terceiro, a pré-mistura do termoplástico, fibras e compatibilizante foi alimentada diretamente na injetora sem passar pela etapa de extrusão. As composições em termos da quantidade de fibra e compatibilizante, em massa, que foram testadas foram 20/4 e 40/4, escolhidas conforme resultados obtidos em trabalhos anteriores [8]. Para as misturas de alimentação conjunta a extrusora dupla rosca foi utilizada no seguinte perfil de temperatura: 170°C, 175°C, 180 °C, 180°C, 190°C e 185°C. A velocidade de alimentação foi de 12% e a rotação da rosca de 250 rpm. Para as misturas de alimentação separada foi utilizada o mesmo perfil de temperatura e rotação da rosca da alimentação conjunta, porém, a velocidade de alimentação dos dois alimentadores foram diferentes para os dois teores de incorporação de pó de serra, sendo de 6% (PP/EPDM/talco) e 10% (pó de serra) para as composições de 20% de fibra, e 12% (PP/EPDM/talco) e 8% (pó de serra) para as composições de 40%. Após a extrusão, o cordão de polímero extrudado foi cortado no granulador e essa mistura em forma de grânulos foi utilizada para a injeção posteriormente. Antes da injeção, as misturas foram secas na estufa a 105°C por 2 horas. Após a secagem, foram injetadas na forma de corpos de prova para ensaios de tração, impacto, flexão e temperatura de distorção ao calor (HDT) na injetora Battenfeld. Para as composições com injeção direta de 20% e 40% de pó de serra, o pó de serra foi seco a 105°C por 12h e o PP/EPDM/talco foi seco durante 2h, antes da injeção. A pressão de injeção foi de 700 bar e de recalque de 560 bar. As temperaturas do bico, nas outras zonas e a temperatura do molde foram 198°C, 193°C e 60°C, respectivamente. O tempo de resfriamento foi de 20s e de recalque de 10s. Os ensaios de tração e flexão foram realizados em Máquina Universal de Ensaios Mecânicos Instron conforme as normas ASTM D638, D790, respectivamente, e impacto (Charpy) em pêndulo de impacto Instron CEAST 9050 conforme norma ASTM D6110-10. No ensaio de impacto, os corpos de prova foram utilizados com entalhe de 2 mm. O ensaio de distorção ao calor (HDT) foi realizado na máquina de ensaio HDT – VICAT, conforme a norma ASTM D648. As superfícies de fratura dos compósitos foram analisadas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV) CamScan CS 3200 LV, para avaliar se com os níveis de agente compatibilizante incorporados houve diferença entre os métodos de incorporação quanto à adesão fibra/matriz. Análise Termogravimétrica (TGA) foi realizada no equipamento SDT-Q600 da TA Instruments para verificação da quantidade de pó de serra incorporado ao polímero, a uma taxa de aquecimento de 20°C/min em

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

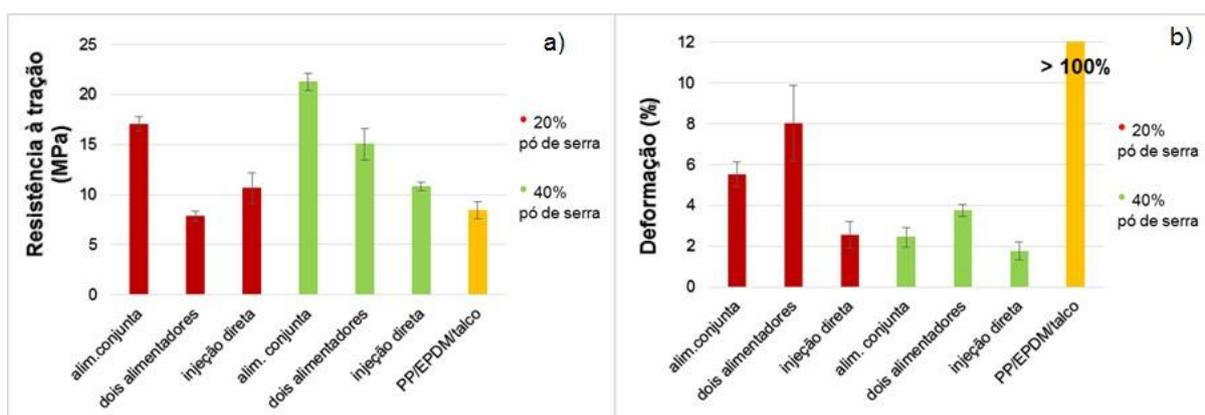
atmosfera de nitrogênio. Todos os ensaios e análises foram realizados no Centro Universitário da FEI.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as composições foram misturadas, extrudadas e injetadas com êxito, com exceção da composição de 40% de pó de serra injetada diretamente, sem prévia mistura e extrusão. Essa composição obteve apenas três corpos de prova, pois o índice de fluidez baixo do conjunto PP/EPDM/talco mais pó de serra, ocasionava o entupimento da injetora. Por esse motivo, os ensaios de impacto e de temperatura de deflexão ao calor (HDT) não possuem dados com a composição de 40% de pó de serra de injeção direta.

#### 3.1 Ensaio de Tração

Era esperado que as formulações de alimentação separada (alimentadas por dois alimentadores) tivessem as maiores resistências à tração, por terem menos quebra das fibras, que funcionam como carga de reforço na matriz polimérica [7]. Porém, verificou-se que a formulação de 20% de pó de serra de alimentação separada obteve a menor resistência à tração (Figura 1a), menor até que a formulação de injeção direta, que obtém uma distribuição menos homogênea das fibras na matriz polimérica. Uma explicação para esse resultado é que a quantidade de fibras incorporadas pode ter sido menor do que a esperada para as velocidades de alimentação utilizadas. Verificou-se que as formulações de alimentação separada obtiveram deformação maior (Figura 1b), outro indício de que houve menor incorporação de fibras do que a calculada, pois a presença das fibras dificulta a mobilidade das cadeias poliméricas da matriz, que promove o escoamento. Todos os corpos de prova dos compósitos incorporados com pó de serra romperam antes de atingir a deformação de 10%, enquanto o PP/EPDM/talco puro não rompeu em deformação até 100% (Figura 1b).



**Figura 1.** a) Resistência à tração e b) Deformação na ruptura dos compósitos com pó de serra, em função do método de incorporação.

Os compósitos reforçados com pó de serra obtiveram resistência à tração (Figura 1a) e módulos de elasticidade (Figura 2) maiores que os do polímero puro, sendo as formulações com teor de 40% de pó de serra com maior aumento. Esses aumentos indicam que o pó de serra agiu como carga de reforço na matriz polimérica

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

PP/EPDM/talco, além de ter uma boa adesão entre as fibras e a matriz, indicando uma transferência efetiva de esforços da matriz para as fibras [5]. Dos três métodos de incorporação, a alimentação conjunta apresentou maiores valores de resistência à tração e módulo de Young e a alimentação direta apresentou os menores valores de deformação na ruptura.

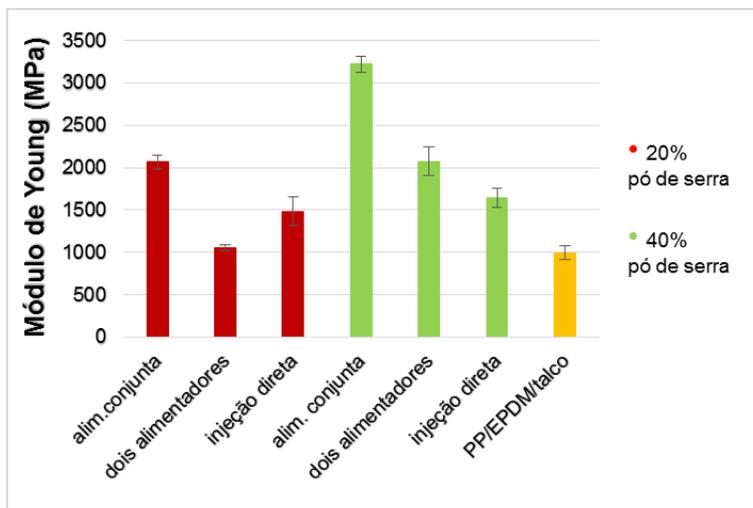


Figura 2. Módulo de Young dos compósitos com pó de serra, em função do método de incorporação.

### 3.2 Ensaio de Flexão

Observando a Figura 3a verificou-se que as formulações com adição de pó de serra obtiveram tensão à deformação de 2% maior, comparado ao PP/EPDM/talco puro, ou seja, essa adição conferiu um aumento na resistência à flexão, indicando que as fibras funcionaram como carga de reforço na matriz e que houve uma boa adesão entre matriz e fibra [5]. Quanto maior o teor de fibra incorporado, maior a resistência à flexão conferida. Verificou-se também que todas as formulações do compósito obtiveram aumento no módulo de elasticidade, comparado ao polímero puro (Figura 3b). Esse aumento no módulo foi um critério importante para verificar que a rigidez nos compósitos aumentou. Dos três métodos de incorporação, a alimentação conjunta apresentou os maiores valores de resistência à flexão e de módulo em flexão.

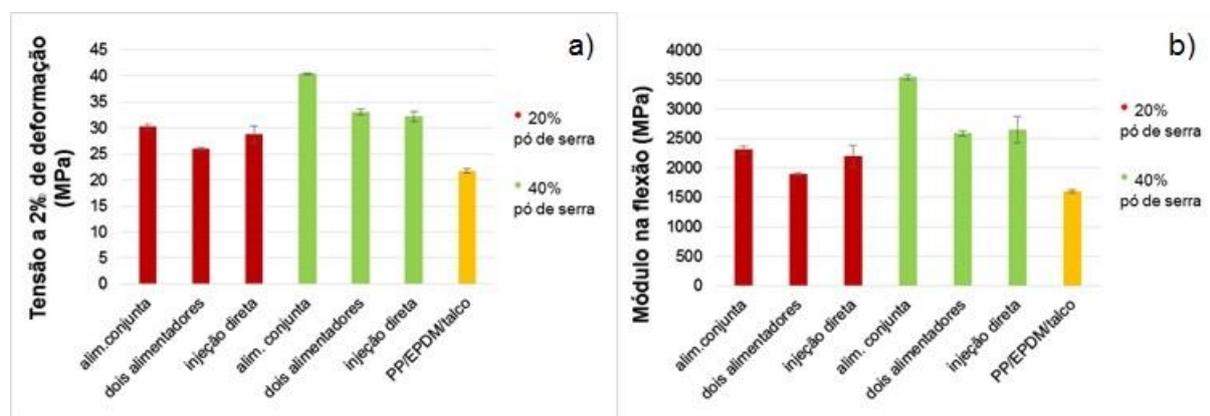


Figura 3. a) Tensão a 2% de deformação e b) Módulo em flexão dos compósitos com pó de serra, em função do método de incorporação.

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

### 3.3 Ensaio de Impacto

Normalmente, a adição de fibras nos polímeros causa uma redução de suas propriedades de impacto. Porém, esse ensaio permitiu estudar em qual método de incorporação a redução foi menor. O gráfico de resistência ao impacto (Figura 4) mostra que houve grande queda na resistência ao impacto dos compósitos, comparados ao polímero puro. Essa queda pode ser explicada pela restrição na mobilidade das cadeias poliméricas pelo pó de serra [9]. Por essa restrição de mobilidade, as composições com maior teor de pó de serra (40%) obtiveram maior queda nas propriedades de impacto e as com menor teor de pó de serra (20%) obtiveram redução menor. Tanto para os compósitos com 20% de pó de serra, quanto para os com 40% o método que obteve menor queda na resistência ao impacto foi o de alimentação separada (2 alimentadores), indicando novamente que a quantidade de fibras incorporadas pode ter sido menor do que a esperada para as velocidades de alimentação utilizadas.

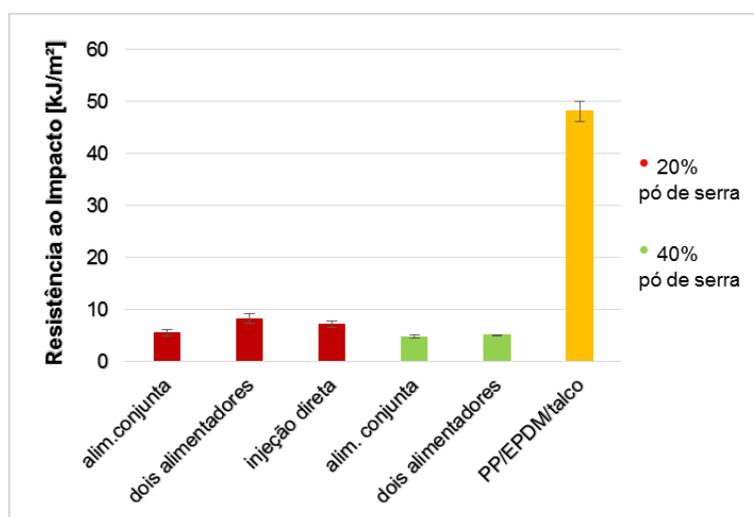
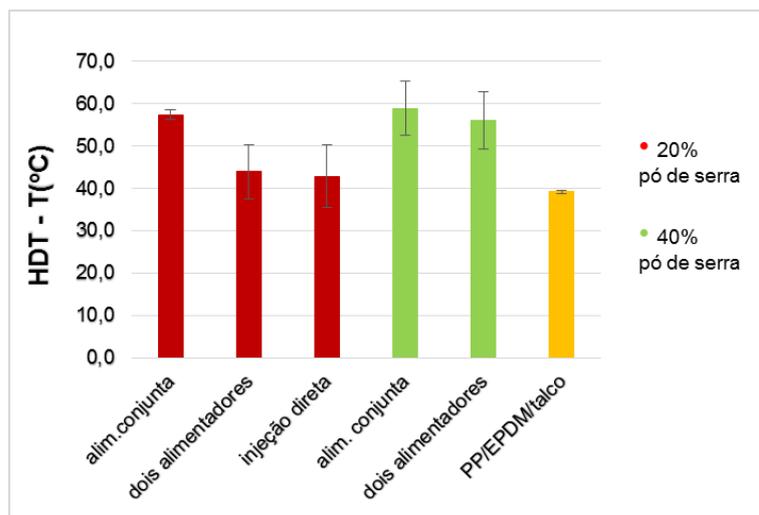


Figura 4. Resistência ao impacto dos compósitos com pó de serra, em função do método de incorporação.

### 3.4 Ensaio de temperatura de deflexão ao calor (HDT)

A temperatura de deflexão ao calor (HDT) é uma medida da resistência do polímero à distorção sob uma dada carga a temperaturas elevadas. A incorporação de pó de serra à matriz polimérica de PP/EPDM/talco fez com o que os valores de HDT aumentassem. Observando o gráfico de HDT (figura 5), verificou-se que nos compósitos com maior teor de fibra (40%) houve maior temperatura de distorção ao calor (HDT) do que nos de menor teor (20%). Esse aumento na temperatura de deflexão ao calor (HDT) com o aumento do teor de fibra era esperado, pois a restrição de mobilidade das cadeias poliméricas pelas fibras diminui a flexibilidade do material [9]. Sendo o HDT uma medida da temperatura na qual o material perde a capacidade de sustentar uma carga, o aumento se deve também à estabilidade dimensional que a fibra confere à matriz polimérica. O método que resultou em maior HDT foi o de alimentação conjunta.

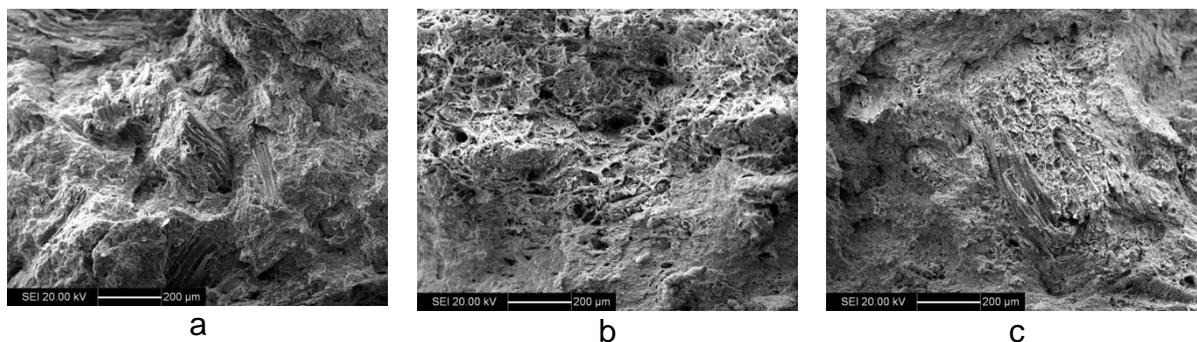
\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



**Figura 5.** Temperaturas de deflexão ao calor (HDT) dos compósitos com pó de serra, em função do método de incorporação.

### 3.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A análise de micrografias obtidas por MEV, apresentadas na Figura 6, não revelou diferenças significativas na adesão entre fibra e matriz, quanto ao método de incorporação. Entretanto, observou-se uma presença maior de fibras maiores na incorporação diretamente na injetora do que nos outros dois métodos, provavelmente pelo fato das fibras, no primeiro caso, terem passado por uma mistura distributiva apenas, enquanto que nos outros dois métodos as fibras passaram por duas misturas distributivas, resultando em maior quebra de fibra.



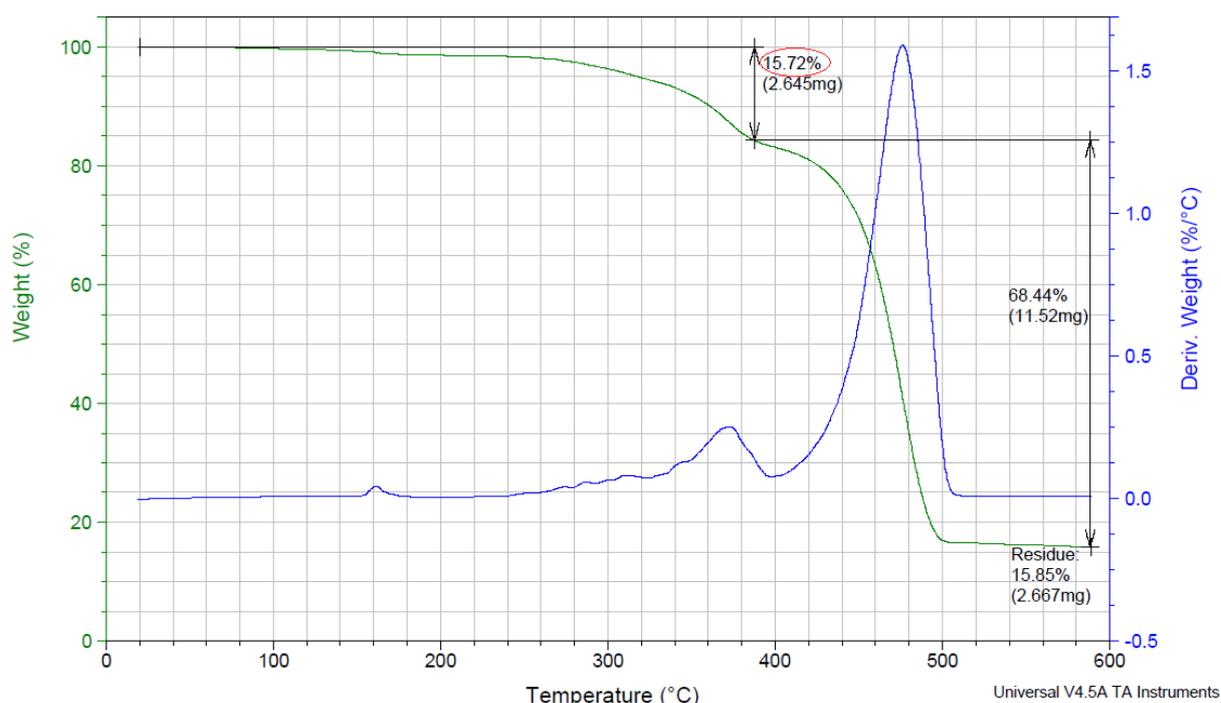
**Figura 6.** Micrografias de MEV, de superfícies fraturadas em tração, de compósitos contendo 20% de pó de serra incorporados : (a) diretamente na injetora ; (b) com alimentação conjunta na extrusora ; (c) utilizando dois alimentadores .

### 2.6 Análise termogravimétrica (TGA)

Com os dados obtidos no ensaio de tração foi discutido que o esperado era que as formulações de alimentação separada (alimentadas por dois alimentadores) tivessem as maiores resistências à tração, porém verificou-se que a formulação de 20% de pó de serra de alimentação separada obteve a menor resistência à tração e deformação maior, indícios de que foi incorporado menos fibra do que esperado a partir das velocidades de alimentação implantadas, pois as fibras dificultam a mobilidade das cadeias poliméricas da matriz [9] e a alimentação separada causa

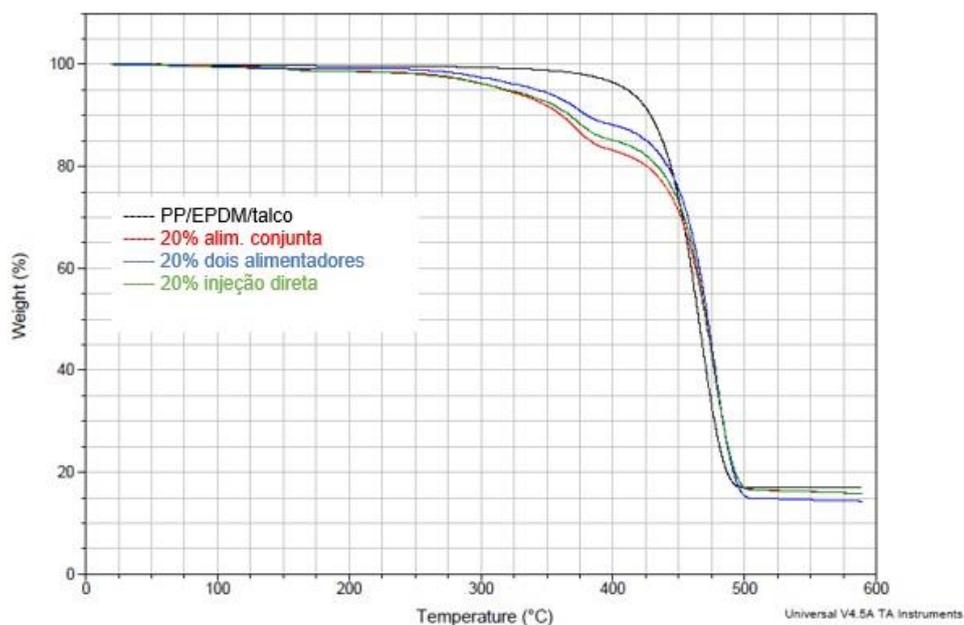
\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

menos quebra das fibras [7]. Para verificar essa diferença, análises termogravimétricas foram realizadas para todas as formulações e estes dados foram comparados. Os resultados para PP/EPDM/talco e as composições com 20% de pó de serra são apresentados nas Figuras 7 e 8. Com base na Figura 7, para o compósito com teor de 20% de pó de serra de alimentação conjunta, a TGA, a partir da perda de massa, indicou aproximadamente 16% de fibra incorporada. Por sua vez, o de alimentação separada (dois alimentadores) indicou 11% de fibra incorporada. Assim, verificou-se que houve uma redução de 30% de pó de serra incorporado no compósito de alimentação separada, comparado ao de alimentação conjunta. Verificou-se também que a alimentação conjunta com teor de 40% obteve 31% de fibra incorporada e alimentação separada com o mesmo teor obteve 21% de fibra incorporada. Portanto, houve uma redução de 33% comparando essas duas formulações. Sendo assim, as formulações de 20% de pó de serra de alimentação separada (dois alimentadores) obtiveram uma redução maior na incorporação de fibra. Desse modo, a análise gravimétrica confirmou os indícios de que com o método de dois alimentadores foram incorporados menos fibras do que com a alimentação conjunta, ou seja, a velocidade de alimentação do segundo alimentador não estava adequada para garantir as concentrações pretendidas de 20 e 40%, necessitando de ajustes para tal.



**Figura 7.** Análise termogravimétrica do compósito PP/EPDM/talco com teor nominal de 20% de pó de serra, preparado com alimentação conjunta.

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



**Figura 8.** Análise termogravimétrica para PP/EPDM/talco e as composições com 20% de pó de serra.

## 4 CONCLUSÃO

Os três métodos de incorporação apresentaram diferenças nas propriedades térmicas e mecânicas. A adição de fibras dificulta a mobilidade das cadeias poliméricas da matriz, conferindo maiores resistência à tração, resistência à flexão e temperaturas de deflexão ao calor (HDT) e menores resistência ao impacto e deformação em relação à matriz.

Dentre os métodos de incorporação estudados, para o mesmo teor nominal de fibras, o método de alimentação conjunta apresentou os maiores valores de resistência à tração e flexão, módulo de Young, e HDT, e maior queda na resistência ao impacto. Por sua vez, o método com dois alimentadores apresentou maior deformação e maior resistência ao impacto, contrariamente ao esperado. Estes resultados contrários podem ser explicados pelo menor teor de fibra incorporado no método com dois alimentadores em relação ao de alimentação conjunta, conforme revelado por análise termogravimétrica. Assim, torna-se necessário ajustar a velocidade de alimentação do segundo alimentador para garantir as concentrações pretendidas de 20 e 40%.

A análise de micrografias obtidas por MEV não revelou diferenças significativas na adesão entre fibra e matriz, quanto ao método de incorporação. Entretanto, observou-se presença maior de fibras maiores pelo fato das fibras terem passado por menor quantidade de processamentos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa General Motors do Brasil pela doação do PP/EPDM/talco. A autora Watai agradece ao Centro Universitário da FEI pela bolsa de Iniciação Científica (PBIC081/13) e à CBMM pelo patrocínio.

\* Contribuição técnica ao 69<sup>o</sup> Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14<sup>o</sup> ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

## REFERÊNCIAS

- 1 Santos P, Pezzin SH. Mechanical properties of polypropylene reinforced with recycled PET fibres. 2003.
- 2 Pigatto C. Polipropileno e Blendas PP/EPDM reforçadas com fibras curtas de sisal. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Acesso em: 25 fev. 2014. 8-9. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18590/000730304.pdf?sequence=1>>
- 3 Maier C, Calafut T. Polypropylene: The Definitive User's Guide and Databook. CRC Press; 1 edition, Norwich, NY: Plastics Design Library, 1998.
- 4 Mohanty AK, Misra M, Drzal LT (Ed.). Natural fibers, biopolymers, and biocomposites. Boca Raton, FL.: Taylor & Francis, 2005.
- 5 Bonse BC, Mamede MCS, Da Costa RA, Bettini SHP. Effect of Compatibilizer and Bamboo Fiber Content on the Mechanical Properties of PP-g-MA Compatibilized Polypropylene/Bamboo Fiber Composites. In: Proceedings of the Polymer Processing Society 26th Annual Meeting ~ PPS-26 ~ July 4-8, 2010 Banff (Canada). p. 2545.
- 6 Arzondo LM, Perez CJ, Carella JM. Injection molding of long sisal fiber-reinforced polypropylene: effects of compatibilizer concentration and viscosity on fiber adhesion and thermal degradation. Polymer Engineering and Science, April, 2005.
- 7 Rabello MS. Aditivação de Polímeros. São Paulo - Artliber Editora Ltda, 2000.
- 8 Bettini SHP, Bicudo ABLC, Augusto IS, Antunes LA, Morassi PL, Condotta R, Bonse BC. Investigation on the Use of Coir Fiber as Alternative Reinforcement in Polypropylene. Journal of Applied Polymer Science, 2010.
- 9 Larroza TC, Ferreira ACB, Bonse BC. Incorporação de Fibras de Celulose em Polímero Biodegradável Ecobras. In: 20º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2012, Joinville. p. 4362-4369.

---

\* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.