

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Instrumentação  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Caracterização, Aproveitamento e  
Geração de Novos Produtos  
de Resíduos Agrícolas,  
Agroindustriais e  
Urbanos

**EDITORES**

Débora Marcondes Bastos Pereira Milori  
Ladislau Martin Neto  
Wilson Tadeu Lopes da Silva  
José Manoel Marconcini  
Victor Bertucci Neto

Embrapa Instrumentação  
São Carlos, SP  
2010

**Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:**

**Embrapa Instrumentação**

Rua XV de Novembro, 1452  
Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos-SP  
Fone: (16) 2107 2800  
Fax: (16) 2107 2902  
www.cnpdia.embrapa.br  
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: João de Mendonça Naime  
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,  
Sandra Protter Gouvea  
Washington Luiz de Barros Melo  
Valéria de Fátima Cardoso  
Membro Suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

Supervisor editorial: Victor Bertucci Neto  
Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso  
Tratamento de ilustrações: Camila Fernanda Borges  
Capa: Camila Fernanda Borges  
Editoração eletrônica: Camila Fernanda Borges

**1ª edição**

1ª impressão (2010): tiragem 300

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.**  
Embrapa Instrumentação

---

C257 Caracterização, Aproveitamento e Geração de Novos Produtos de Resíduos Agrícolas,  
Agroindustriais e Urbanos. / Débora Marcondes B. P. Milori, Ladislau Martin-Neto,  
Wilson Tadeu Lopes da Silva, José Manoel Marconcini, Victor Bertucci Neto editores. -- São  
Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2010.  
154 p.

ISBN:

1. Reciclagem. 2. Meio ambiente. 3. Agricultura. 4. Agroenergia. 5. Novos materiais.  
6. Seqüestro de carbono. 7. Solos. 8. Lodo de esgoto. 9. Substância húmicas. 10. Águas  
residuárias. I. Milori, Débora Marcondes B. P. II. Martin-Neto, Ladislau.  
III. Silva, Wilson Tadeu Lopes da. IV. Marconcini, José Manoel. V. Bertucci Neto, Victor.

CDD 21 ED 628.4458  
631  
363.7

---

© Embrapa 2010



## AMIDO TERMOPLÁSTICO REFORÇADO COM FIBRA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Talick Canella Gozzoli<sup>1</sup>; Kléber Augusto da Silva<sup>1</sup>; Elisangela Corradini<sup>2</sup>; Eliangela de M. Teixeira<sup>2</sup>; Luiz Henrique Capparelli Mattoso<sup>3</sup>; José Manoel Marconcini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, talick@msn.com; <sup>2</sup>Embrapa Instrumentação Agropecuária, marconcini@cnpdia.embrapa.br  
**Plano de Ação:** PA 4 n°: 02.07.06.003.00.04

**Resumo** - O amido de milho é capaz de ser transformado em um material polimérico biodegradável. Contudo, em virtude de suas baixas propriedades mecânicas, faz-se necessário incrementá-lo com reforços que aumentem as propriedades mecânicas e mantenha as características biodegradáveis. A fibra do bagaço da cana-de-açúcar tem apresentado bons resultados quando utilizada como reforço para o amido aumentando suas propriedades mecânicas. Em concentrações de 10% e 20% dos aumentos de cana de açúcar mais de 50% e 300%, respectivamente, a resistência à tração e 7% e 21% na deformação na ruptura, quando comparado com o amido termoplástico puro. A concentração de 30% foi descartada por motivos técnicos.

**Palavras-chave:** TPS, fibras naturais, biodegradável

### Introdução

O consumo de novos produtos e materiais tem crescido de modo acelerado, muitas vezes sem a devida precaução. Isto tem acarretado ao mundo sérios problemas ambientais relacionados à poluição e à falta de espaço para armazenamento dos descartes humanos. Este problema é tão sério que tem sido feito grandes esforços para tentar solucioná-los, como novos métodos de tratamentos de resíduos e desenvolvimento de novos materiais que causem menos impactos ambientais.

Um destes novos materiais é o amido termoplástico (TPS) (CORRADINI et al., 2007), que possui características biodegradáveis, cuja formulação consiste, principalmente, de amido de milho.

Entretanto, como suas propriedades mecânicas são reduzidas, necessita-se reforçá-lo com cargas (MANRICH, 2008) sem que se perca as características biodegradáveis, o que nos leva a buscar reforços fibrosos naturais (HERRERA-FRANCO e VALADEZ-GONZÁLEZ, 2005). Sendo encontrado na fibra de bagaço de cana uma excelente alternativa.

Neste trabalho, foi estudado o comportamento da fibra de bagaço de cana como reforço no TPS, avaliando as propriedades reológicas (BRETAS e D'ÁVILA, 2005) e mecânicas dos compósitos formados

### Materiais e métodos

#### Materiais:

O amido de milho foi gentilmente cedido pela Corn Products e a fibra do bagaço de cana pela Edra Ecosystemas. Utilizou-se glicerol e o ácido esteárico grau analítico na preparação dos amidos termoplásticos.

#### Métodos:

##### Reometria de Torque:

Os testes de reometria foram realizados do Reômetro de torque da HAAKE Thermo Electron Corporation.

Para um melhor entendimento do comportamento reológico dos compósitos (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS), foram realizados previamente ensaios com amido puro em diferentes rotações, 50, 100, 150 e 200RPM, o que permitiu identificar a rotação que promovesse a melhor mistura do TPS sem haver degradação. Então, realizaram-se ensaios

incorporando fibra do bagaço da cana ao amido, permitindo identificar o comportamento do compósito quando submetido a forças cisalhantes, semelhantes a uma extrusora.

A formulação do TPS consiste nas seguintes proporções em peso: Amido de milho, 60%; glicerol, 26%; água, 13,5%; ácido esteárico, 0,5%. E as proporções de fibra estudadas, em massa, foram de 10, 20 e 30%.

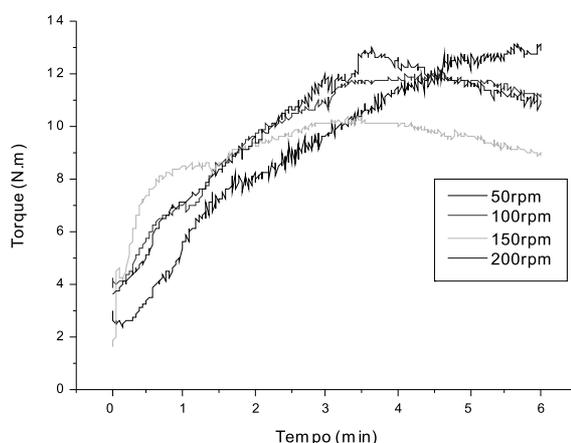
#### Ensaio de Tração:

Os ensaios de tração foram realizados seguindo a norma ASTM D 638-90 (CALLISTER, [20--]) no equipamento de ensaios universal EMIC a uma taxa de 5mm/min. com célula de carga 50kgf<sup>7</sup>, com corpos de provas obtidos pela prensagem uniaxial.

## Resultados e discussão

#### Reometria de Torque:

A Figura 1 refere-se à curva de Torque em função do tempo do amido puro para diferentes rotações.

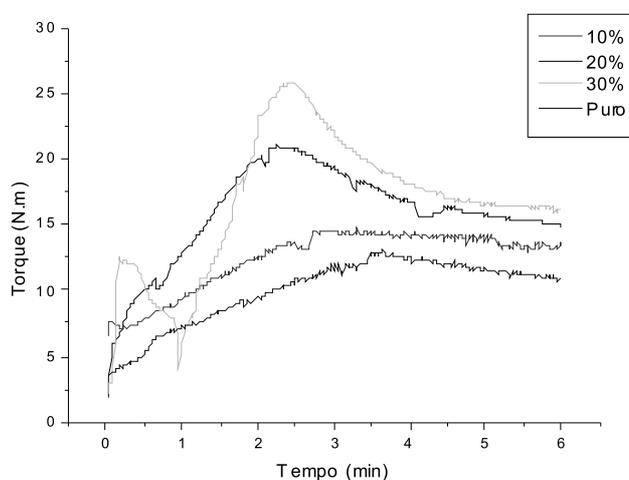


**Figura 1** – Curva de Torque contra o tempo em diferentes rotações.

O tempo do ensaio foi de 6 minutos para evitar degradação, a rotação que promoveu a melhor mistura foi a de 200rpm e a temperatura escolhida foi de 150°C. Contudo, nota-se que a queda do torque, que era o esperado, revelando um comportamento pseudoplástico, não ocorreu, o que indica um comportamento dilatante para o TPS.

A partir destas determinações, incorporaram-se diferentes teores de fibra.

A Figura 2 refere-se à curva de torque em função do tempo para o compósito TPS/fibra.



**Figura 2** – Curva de Torque contra o tempo para diferentes concentrações de fibra no TPS.

Apesar da concentração de 30% tenha sido preparada, o volume de fibra mostrou-se muito elevado, o que poderia dificultar o processamento em extrusora, além disto, o torque apresentou um valor mais elevado que as demais misturas e durante a prensagem para a obtenção dos corpos de prova, foi impossível destacá-lo do molde mantendo sua integridade física e suas propriedades.

Ensaio de Tração:

As Tabelas de 1 a 3 representam a análise estatística do ensaio de tração dos compósitos, seguindo a norma ASTM D 638-90.

**Tabela 1** – Ensaio de tração do amido puro.

Nº do Corpo De prova	Módulo De Elasticidade (MPa)	Resistência à Tração (MPa)	Tensão de Ruptura, (MPa)	Deformação na Ruptura, (%)
1	2,68	0,49	0,46	33,8
2	3,59	0,56	0,54	28,89
3	3,09	0,39	0,37	25,29
4	2,85	0,43	0,42	29,15
<b>Média</b>	3,05	0,47	0,45	29,28
<b>Desvio Padrão</b>	0,40	0,07	0,07	3,49
<b>Desvio Padrão da média</b>	0,20	0,04	0,04	1,74

Os resultados mostram um aumento em todas as propriedades mecânicas.

**Tabela 2** – Ensaio de tração do compósito contendo 10% de fibra.

Nº do Corpo De prova	Módulo De Elasticidade (MPa)	Resistência à Tração (MPa)	Tensão de Ruptura, (MPa)	Deformação na Ruptura, (%)
1	5,33	0,52	0,51	14,97
2	4,16	0,83	0,81	41,77
3	4,82	0,86	0,84	30,02
4	4,32	0,79	0,78	38,55
<b>Média</b>	4,66	0,75	0,74	31,33
<b>Desvio Padrão</b>	0,53	0,16	0,15	11,98
<b>Desvio Padrão da média</b>	0,26	0,08	0,08	5,99

Os resultados mostram um aumento em todas as propriedades mecânicas.

**Tabela 3** – Ensaio de tração do compósito contendo 20% de fibra.

Nº do Corpo De prova	Módulo De Elasticidade (MPa)	Resistência à Tração (MPa)	Tensão de Ruptura, (MPa)	Deformação na Ruptura, (%)
1	6,73	0,89	0,87	33,29
2	8,27	1,11	1,07	38,98
3	12,02	1,344	1,32	32,15
4	10,76	1,25	1,19	38,31
<b>Média</b>	9,44	1,15	1,11	35,68
<b>Desvio Padrão</b>	2,39	0,20	0,19	3,46
<b>Desvio Padrão da média</b>	1,19	0,10	0,09	1,73

Os valores obtidos comprovam a eficácia da fibra de bagaço de cana como reforço. Nota-se que o aumento do teor de fibra aumentou as propriedades mecânicas.

### Conclusões

Os materiais à base de TPS apresentaram melhores propriedades mecânicas, quando reforçados com fibra de bagaço de cana-de-açúcar. Contudo, o processamento deste compósitos deve ser feita com cuidado, pois o amido de milho é muito sensível às variações de umidade. Além disso, a janela de temperatura para o processamento é estreita, uma vez que o amido funde entre 140°C e 150°C porém sofre início de degradação térmica já em 180°C. Convém citar que o volume de fibras interfere no processo de extrusão e injeção do compósito, portanto, sua porcentagem no compósito deve se adequar aos parâmetros do equipamento a ser utilizado.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a EDRA Ecosistema Ltda e Corn Products pelo fornecimento da fibra do bagaço de cana-de-açúcar e o amido de milho, respectivamente, usados neste estudo. Agradecem também o apoio técnico e financeiro da EMBRAPA, DEMa/UFSCar, CNPq Processo NO 483265/2007-1, FINEP/MCT, e FAPESP.

### Referências

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 638 – 90: standard test method for tensile properties of plastics**. [S. l.: s. n., 1996-2011]. p. 157-168.
- BRETAS, E. S. R.; D'ÁVILA, M. A. **Reologia de Polímeros Fundidos**. 2. ed. São Carlos: Edufscar, 2005.
- CALLISTER, J. W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, [20--].
- CORRADINI, E.; TEIXEIRA, E. M.; AGNELLI, J. A.; MATTOSO, L. H. C. **Amido termoplástico**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 27 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, 30).
- MANRICH, S. **Aditivação de polímeros**. São Carlos: UFSCar/Departamento de Engenharia de Materiais, 2008. Notas de Aula.
- HERRERA-FRANCO, P. J.; VALADEZ-GONZÁLEZ, A. A study of the mechanical properties of short natural-fiber reinforced composites. **Composites Part B, Surrey**, v. 36, 597-608, 2005.