

Desenvolvimento de biocompósitos a partir de amido termoplástico, resíduo de papel e casca de arroz

Development of biocomposites from thermoplastic starch, paper waste and rice husk

Eliana Paula Calegari, Doutoranda, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

elianapaulac@gmail.com

Jussara Smidt Porto, Doutoranda, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

jussara.porto@ufrgs.br

**Clarissa Coussirat Angrizani, Doutora, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense.**

cangrizani@hotmail.com

Branca Freitas de Oliveira, Doutora, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

branca@ufrgs.br

Lauren da Cunha Duarte, Doutora, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

lauren.duarte@ufrgs.br

Sandro Campos Amico, Doutor, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

amico@ufrgs.br

Resumo

Devido à acentuada preocupação ambiental ocorrida nos últimos anos, é importante que sejam realizadas pesquisas visando à busca por novas alternativas de materiais e produtos que tenham como foco a redução dos impactos ambientais. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de compósitos com o uso de amido termoplástico, resíduo de papel e casca de arroz. Inicialmente, foi desenvolvida a matriz para os compósitos constituída de amido de milho e plastificantes, resultando no amido termoplástico. Após, foram desenvolvidos os compósitos com o amido termoplástico, o resíduo de papel e a casca de arroz. Utilizou-se a moldagem por compressão para a obtenção de placas de amido termoplástico e de compósitos. Como resultado, foram obtidos o amido termoplástico e os compósitos que podem ser utilizados para o desenvolvimento de produtos com vistas à sustentabilidade.

Palavras-chave: Compósitos; Amido Termoplástico; Resíduo de papel; Casca de arroz.

Abstract

Due to the intense environmental concern that has occurred in recent years, it is important to carry out research aimed at finding new alternatives for materials and products that focus on reducing environmental impacts. Thus, the objective of this work was the development of composites with the

use of thermoplastic starch, paper residue and rice husk. Initially, the matrix was developed for the composites composed of corn starch and plasticizers, resulting in the thermoplastic starch. Afterwards, the composites with thermoplastic starch, paper residue and rice husk were developed. Compression molding was used to obtain thermoplastic starch plates and composites. As results, the thermoplastic starch and the composites that can be used for the development of products with a view to sustainability were obtained.

Keywords: *Composites; Thermoplastic Starch; Waste paper; Rice husk.*

1. Introdução

Conforme a Norma *American Society for Testing and Materials* (ASTM D3878 – 95), a definição de material compósito consiste em uma substância constituída de dois ou mais materiais, insolúveis entre si, que são combinados para formar um material de engenharia com certas propriedades que não se encontram nos materiais isoladamente. Mano (1991) esclarece que os materiais que constituem o compósito são chamados de fases, sendo que uma delas é descontínua, denominada de reforço, sendo responsável por fornecer resistência ao esforço, e a outra fase é contínua, chamada de matriz, e corresponde ao meio de transferência desse esforço. Dessa forma, as propriedades dos compósitos são influenciadas pelas propriedades dos materiais das fases constituintes, pela distribuição e interação entre o reforço e a matriz. Assim, a finalidade da combinação dos materiais é promover características específicas para o compósito, para cada tipo de aplicação (PAIVA; FROLLINI, 2006).

Os compósitos são constituídos por diversos tipos de materiais, em que, tanto a matriz e/ou o reforço podem ser de origem sintética e/ou natural. Os compósitos sintéticos possuem a matriz e as fibras provenientes de materiais sintéticos, como é o caso dos polímeros reforçados com fibras de carbono. Os compósitos híbridos são confeccionados com materiais sintéticos e naturais, como exemplo, os polímeros reforçados com fibras de vidro e de coco. Já os compósitos sintéticos com fibra natural, são formados por polímeros e materiais naturais, como ocorre com o poliéster e a fibra de juta. No caso dos biocompósitos, a matriz e as fibras são materiais de origem natural e de fontes renováveis, em que a matriz geralmente é um biopolímero e as fibras, geralmente são de origem vegetal (MOHANTY *et al.*, 2000).

Nos dias de hoje, os materiais de fontes renováveis estão sendo bastante utilizados no desenvolvimento de compósitos, como é o caso de compósitos híbridos, sintéticos com fibras naturais e os biocompósitos. Segundo Vilaplana *et al.* (2010), durante as duas últimas décadas, o interesse na investigação de biopolímeros e biocompósitos tem crescido como resultado da preocupação ambiental e do esgotamento dos recursos fósseis, como pode ser demonstrado pelo número exponencialmente crescente de patentes e publicações sobre estes materiais. Além disso, os compósitos de origem sintética são processados, geralmente, empregando dois materiais, o que dificulta a reciclagem ou a reutilização, resultando em problemas de descarte após a sua vida útil (TAIB *et al.*, 2010).

Neste sentido, Nam *et al.* (2011) destacam que os compósitos constituídos por fibras vegetais e matriz polimérica biodegradável, produzida a partir de amido, celulose e outros recursos renováveis são chamados de compósitos biodegradáveis, compósitos verdes ou

ainda, biocompósitos. O amido é um carboidrato com propriedades nutricionais e é uma das principais fontes de carboidrato presente na dieta dos animais. Além do seu uso na produção de alimentos, o amido é empregado na indústria de papel, têxtil, farmacêutica e outras. A maior parte do amido produzido na indústria é proveniente do milho, contudo, existem outras fontes, como a mandioca, a batata, o trigo e o arroz (SUGIH, 2008).

O amido encontrado na natureza não é considerado um polímero, no entanto, quando submetido a condições adequadas de temperatura e pressão, além da adição de um agente plastificante, pode ser gelatinizado, e sob o efeito de cisalhamento transformar-se em um fundido, originando o amido termoplástico (CORRADINI *et al.*, 2007). Quando absorvem água através das ligações de hidrogênio com seus grupos hidroxilas livres, os grânulos de amido incham e mantêm sua ordem e cristalinidade. Mas, em contrapartida, quando são aquecidos, as ligações de hidrogênio entre as unidades de glicose adjacentes são rompidas e o mesmo perde sua cristalinidade, ocorrendo o processo de gelatinização que produz um material amorfo (GONZALEZ *et al.*, 2003).

Para a obtenção do amido termoplástico é preciso destruir a estrutura semicristalina original dos grânulos. Assim, o amido nativo deve ser aquecido na presença de um plastificante, na temperatura de 90°C a 180°C. No fundido, as cadeias de amilose e amilopectina estão intercaladas, e a estrutura semicristalina original do grânulo é destruída. O material resultante desse processo é denominado amido termoplástico (TPS) ou amido desestruturado ou amido plastificado. Esse processo de desestruturação ou plastificação pode ser realizado em equipamentos convencionais de processamento de polímeros, como injetoras, extrusoras, misturadores intensivos e outros (CARVALHO, 2005).

O amido natural apresenta ponto de fusão acima de sua temperatura de degradação, dessa forma é necessário adicionar um plastificante para diminuir sua temperatura de fusão para transformá-lo no polímero termoplástico (CORRADINI *et al.*, 2007). Os plastificantes, em geral, são moléculas pequenas, pouco voláteis e são adicionadas aos polímeros de alto peso molecular para amolecê-los ou baixar seu ponto de fusão durante o processamento, ou para conferir flexibilidade ao material (CANGEMI *et al.*, 2005).

O uso do amido termoplástico possui vantagens, tais como: disponibilidade natural, biodegradabilidade, baixo custo, além da possibilidade de passar por modificações químicas, o que pode levar a diferentes aplicações. Contudo, possui propriedades mecânicas inferiores as dos polímeros convencionais e alta sensibilidade à umidade, sendo estes os principais fatores limitantes para a sua aplicação (SANKRI *et al.*, 2010).

Devido a essas propriedades, o amido termoplástico pode ser empregado na manufatura de produtos como copos, pratos, talheres, embalagens para alimentos, sacos de lixo, vasos para plantas, cobertura temporária de mudas e outros produtos que não necessitem de uma longa vida útil. Além disso, o amido termoplástico proveniente do amido de mandioca está sendo estudado por pesquisadores brasileiros para a produção de embalagens biodegradáveis (OLIVEIRA e CEREDA, 2003; MALI *et al.*, 2005; ALVES *et al.*, 2007; SAKANAKA, 2007). O amido termoplástico pode ser utilizado na forma de compósitos, blendas ou produtos multicamadas cada um com diferentes propriedades e usos (AVÉROUS e DIGABEL, 2006). Em relação aos compósitos a base de amido termoplástico com o emprego de fibras lignocelulósicas, é um dos principais enfoques de pesquisas nessa área (YU *et al.*, 2006).

Apesar das vantagens do amido termoplástico, como renovabilidade e disponibilidade do amido, biodegradabilidade, ainda não possui propriedades satisfatórias para determinadas aplicações. Dessa forma, visando à melhoria dessas propriedades são incorporadas fibras vegetais, formando um novo material denominado de biocompósito, compósito verde ou compósito de fonte renovável. Esse material é constituído de polímeros de fontes renováveis que atuam como matriz, e o reforço geralmente é constituído por fibras vegetais, como: sisal, coco, juta, curauá, fibra de bananeira e outras (AVÉROUS e BOQUILLON, 2004). O emprego de fibras vegetais para reforçar os compósitos é considerado uma boa alternativa para substituir o uso de fibras sintéticas em algumas aplicações técnicas, oferecendo vantagens como: o caráter renovável, a biodegradabilidade, não abrasividade, a fácil disponibilidade e o preço relativamente baixo (KUCIEL *et al.*, 2010). Contudo, as fibras lignocelulósicas não possuem o mesmo potencial de reforço que as fibras sintéticas.

Neste contexto, torna-se relevante o desenvolvimento de biocompósitos que possam substituir os polímeros convencionais em determinadas aplicações. Assim, o objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de biocompósitos com o uso de amido termoplástico, resíduo de papel e casca de arroz. Inicialmente foi realizada a produção do amido termoplástico, utilizando o amido de milho e plastificantes. Após foram desenvolvidos os compósitos com matriz de amido termoplástico e reforço de resíduo de papel e casca de arroz.

2. Materiais e métodos

Para o desenvolvimento da matriz dos compósitos, utilizou-se o amido de milho da marca Amidex 3000 cedido pela empresa Ingredion, água destilada e glicerina, obtendo-se assim, o amido termoplástico. Como reforço para os compósitos foi empregada a casca de arroz e o resíduo do papel. O papel é um resíduo proveniente da Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a casca de arroz é um resíduo da agroindústria do Rio Grande do Sul, estes resíduos podem ser observados na figura 1.

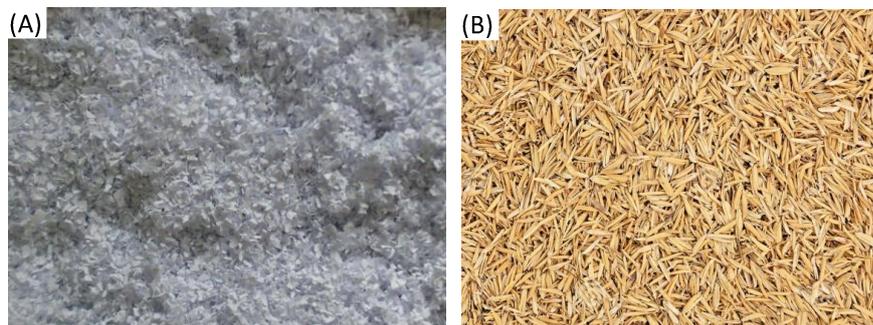


Figura 1: Cargas dos biocompósitos: A) Resíduo de papel e B) Casca de arroz. Fonte: elaborado pelos autores.

Com estes materiais (amido termoplástico, resíduo de papel e casca de arroz) foram desenvolvidos quatro composições de compósitos contendo 80% de carga (papel ou casca de arroz), e 20% de matriz, em volume. Utilizaram-se esses percentuais para empregar o máximo possível de resíduos para a carga dos compósitos. Para a obtenção do amido termoplástico, inicialmente os materiais foram pesados em balança analítica da marca

Shimadzu modelo BL3200H, posteriormente foram misturados manualmente. Em alguns experimentos a mistura foi aquecida (100 °C por 2 min) para que ocorresse o rompimento dos grânulos do amido, após, a mistura foi condicionada em um molde metálico e esse colocado na prensa hidráulica da marca Marconi modelo MA 098/A.

Para a produção dos compósitos, foram misturados os materiais utilizados para a produção do amido termoplástico (amido, glicerina e água) com as cargas (papel e casca de arroz) nas quantidades em volume já citadas. Em alguns experimentos a mistura foi aquecida, após, foi acondicionada em molde metálico e em seguida na prensa hidráulica. As condições de processamento (temperatura e tempo) serão descritas na próxima seção.

3. Resultados e discussões

3.1 Desenvolvimento do amido termoplástico

Para o processamento do amido termoplástico, inicialmente, foram realizados testes com diferentes proporções de amido, água e glicerina. Percebeu-se que as diferentes proporções de água e glicerina afetaram a homogeneidade do material. No primeiro experimento realizado, com 63 %W amido e 37 %W glicerina, os materiais foram pesados, misturados manualmente e condicionados em um molde metálico, e esse alocado na prensa hidráulica, o qual permaneceu por 50 min a 160°C. Cabe salientar que todos os experimentos realizados para o desenvolvimento do amido termoplástico foram realizados com esses parâmetros de tempo e temperatura. A placa do material resultante não ficou homogênea, como pode ser observada na figura 2A, ocorreu à separação do amido e da glicerina, aquele ficou na parte de cima do molde e aquela na parte de baixo, provavelmente pela diferença de densidade entre esses materiais.

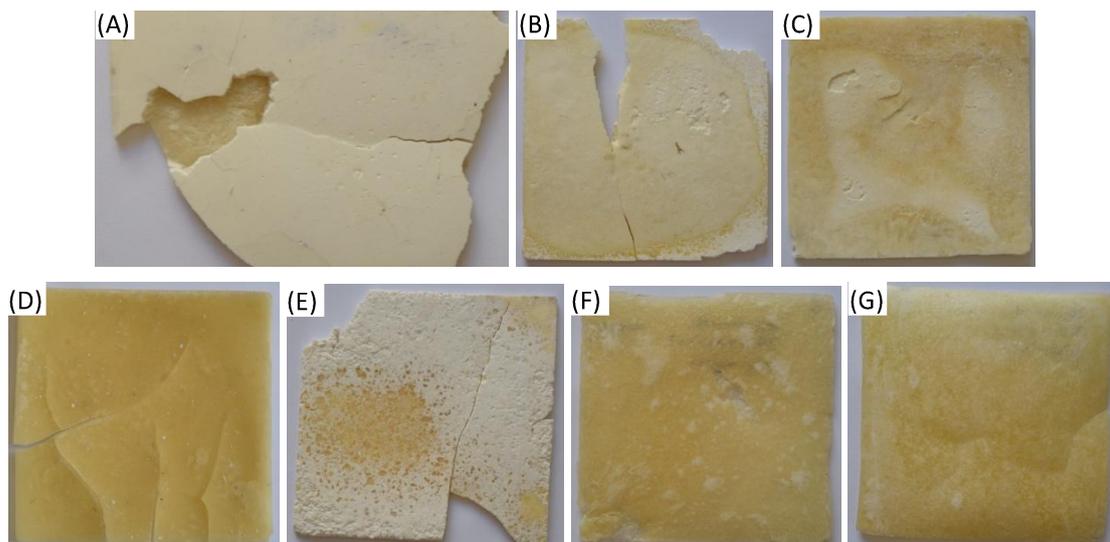


Figura 2: Placas resultantes dos experimentos para a produção de amido termoplástico, A) Amido: 63 %W, glicerol: 37 %W (sem aquecimento da mistura), B) Amido: 77 %W, glicerol: 23 %W (sem aquecimento), C) Amido: 58 %W, glicerol: 42 %W (sem aquecimento), D) Amido: 50 %W, glicerol: 50 %W (com aquecimento), E) Amido: 76 %W, glicerol: 15 %W, água: 9 %W (sem aquecimento), F) Amido: 48 %W, glicerol: 20 %W, água: 32 %W (com aquecimento da mistura), G) Amido: 49 %W, glicerol: 26 %W, água: 25 %W (com aquecimento).

Visando a melhoria do material foram realizados outros experimentos variando as quantidades de amido e plastificantes, e com e sem aquecimento da mistura antes de ser processada na prensa hidráulica. No segundo experimento, foi diminuída a quantidade de glicerina e também não foi realizado o aquecimento da mistura antes do processamento na prensa hidráulica. O resultado deste experimento não foi satisfatório, percebeu-se que o material ficou quebradiço e frágil, como pode ser observado na figura 2B, provavelmente pela falta de plastificante.

No terceiro experimento aumentou-se a quantidade de glicerina e a mistura não foi aquecida, resultando em uma placa um pouco menos quebradiça que a do experimento anterior, no entanto, ainda bastante frágil, conforme mostra a figura 2C. No quarto experimento foi utilizada praticamente a mesma quantidade de amido e glicerina, com aquecimento da mistura (100 °C por 2 min). A placa resultante apresentou-se flexível e com rachaduras, como pode ser observado na figura 2D. Devido à dificuldade de obtenção do amido termoplástico utilizando somente a glicerina como plastificante adicionou-se água a mistura como novo plastificante.

No experimento seguinte utilizou-se uma quantidade bem maior de amido em relação aos plastificantes, glicerina e água, sem aquecimento, e percebeu-se que a placa não ficou homogênea, na parte central apresentou-se mais dura e nas bordas mais quebradiça, como pode ser visualizado na figura 2E. No sexto experimento foi diminuída a quantidade de amido e aumentaram-se as quantidades de plastificantes, sendo que se utilizou maior quantidade de água em relação à glicerina, essa mistura foi aquecida. Este teste resultou em uma placa mais dura em relação às outras, deformada e com bolhas, que podem ter sido provocadas pela água, conforme mostra a figura 2F. No sétimo experimento utilizou-se praticamente a mesma quantidade de água e glicerina, com aquecimento, resultando em uma placa com menos quantidade de bolhas, no entanto, apresentou algumas rachaduras, como pode ser observado na figura 2G.

O último experimento foi realizado com menor quantidade de água em relação à glicerina e a mistura foi aquecida antes do processamento na prensa hidráulica. A placa resultante deste experimento pode se observada na figura 3. Para o desenvolvimento dos biocompósitos, descrito a seguir, foi utilizada como matriz a composição do amido termoplástico do último experimento.

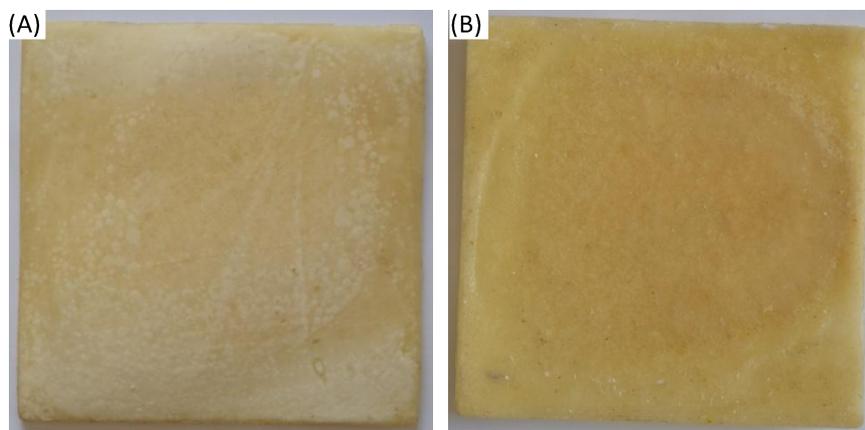


Figura 3: Placa de amido termoplástico: amido 45,4 %W, glicerol: 40,6 %W, água: 11,5 %W (com aquecimento da mistura), A) Frente e B) verso.

A partir desses experimentos, para obtenção de amido termoplástico, percebeu-se a dificuldade de se trabalhar com esse material. Dificuldade essa relatada em outros estudos que possuem o objetivo do desenvolvimento do amido termoplástico. Contudo, acredita-se que se obteve um resultado satisfatório, principalmente em relação ao uso de amido termoplástico, obtido nessa pesquisa, como matriz para biocompósitos.

3.2 Desenvolvimento dos biocompósitos

3.2.1 Compósitos com amido termoplástico e resíduo de papel

No primeiro experimento realizado para a obtenção do biocompósito de amido termoplástico com papel, foram inicialmente, pesados os materiais do amido termoplástico (amido, glicerina e água) e o papel, na proporção de 20% de matriz e 80% de carga, em volume. Após, os materiais do compósito foram aquecidos na temperatura de 100°C durante 2 min obtendo-se uma massa homogênea. Em seguida, foi acondicionada em um molde metálico e este foi inserido na prensa hidráulica, o qual permaneceu por 50 min na temperatura de 160°C. Como resultado, obteve-se a placa de biocompósito amarelada, provavelmente, em consequência da queima do papel, como pode ser observada na figura 4A.

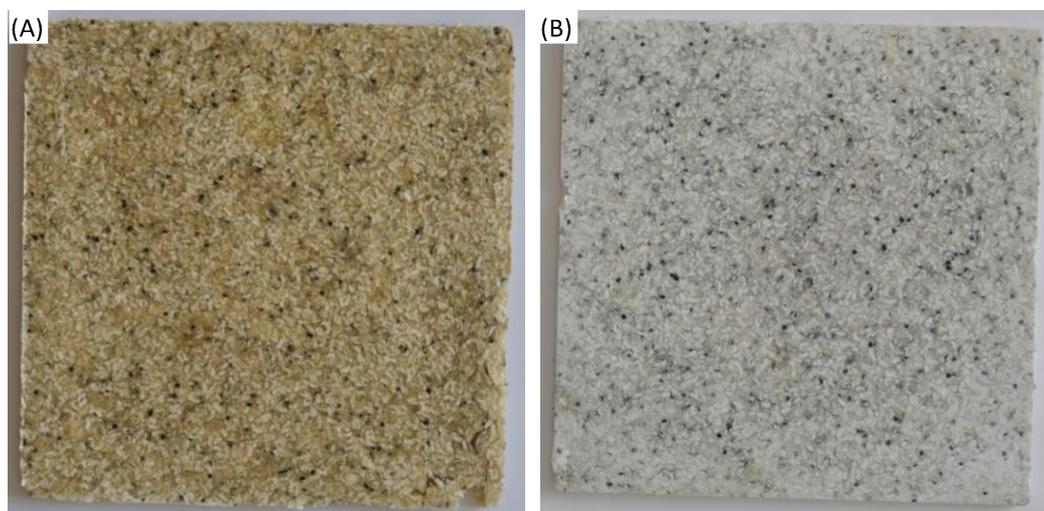


Figura 4: Placas de biocompósitos com amido termoplástico e resíduo de papel, A) Temperatura de processamento: 160°C, B) Temperatura de processamento: 100°C.

Dessa forma, no próximo experimento, diminuiu-se a temperatura de processamento na prensa hidráulica de 160°C para 100°C, que resultou em uma placa com o papel não queimado, aparentemente, conforme mostra a figura 4B. A placa apresentou-se homogênea e devido à transparência do amido termoplástico, o papel fica aparente na placa.

3.2.2 Compósitos de amido termoplástico com casca de arroz

Para o primeiro experimento do compósito de amido termoplástico com casca de arroz utilizou-se a proporção de 20% de matriz e 80% em volume. Os materiais que compõe o

amido termoplástico (amido, glicerina e água) foram pesados, misturados manualmente e aquecidos junto com a casca de arroz (100°C por 2 min). Em seguida, a mistura foi colocada em um molde metálico o qual foi inserido na prensa hidráulica durante 50 min na temperatura de 160°C. Como resultado a placa de compósito de amido termoplástico com casca de arroz não apresentou homogeneidade, na parte superior da placa, que ficou em contato com a tampa do molde, observou-se maior transparência em relação ao outro lado da placa, que ficou em contato com o fundo do molde, ficando mais esbranquiçada por causa da maior concentração de amido, como pode ser observado na figura 5A e 5B. Assim, nota-se que houve a separação dos materiais utilizados para a produção do biocompósito.

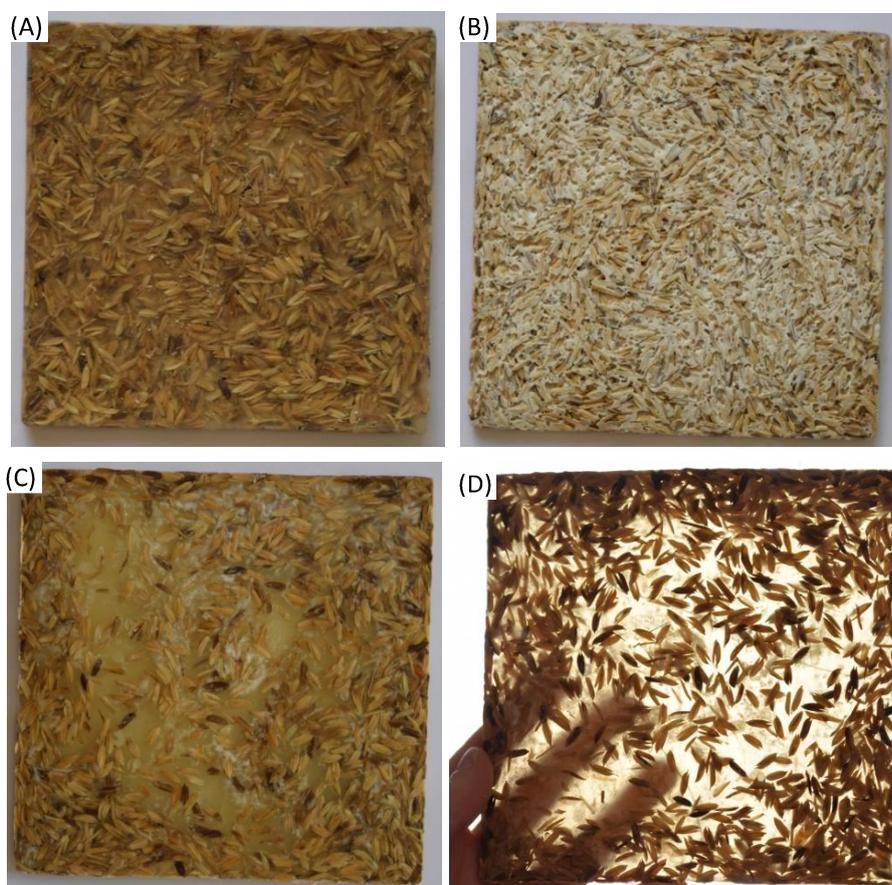


Figura 5: Placas de compósito com casca de arroz, A) Amido: 45,4 %W, glicerol: 40,6 %W, água: 11,5 %W, casca de arroz: 13,16 %W (com aquecimento), temperatura de processamento: 130°C durante 50 min, B) Mesma composição da placa A com saliência para a transparência, C) Amido: 44 %W, glicerol: 43 %W, água: 11 %W, casca de arroz: 2,5 %W (com aquecimento), temperatura de processamento: 130 °C durante 50 min, D) Verso da placa C.

Em outro experimento realizado para a produção de biocompósito com amido termoplástico e casca de arroz, utilizou-se menor quantidade casca de arroz. As condições de processamento foram às mesmas do experimento anterior. Como resultado, obteve-se um material com as cascas de arroz dispostas aleatoriamente na matriz de amido

termoplástico, que devido à transparência da matriz é possível observar as cascas de arroz na placa.

4. Considerações finais

Neste trabalho foram desenvolvidos biocompósitos a partir do amido termoplástico, resíduo de papel e casca de arroz. Inicialmente, foram realizados diversos experimentos para o desenvolvimento do amido termoplástico. Nesta etapa, os testes concentraram-se no desenvolvimento do amido termoplástico a partir do amido de milho, e como plastificantes utilizaram-se a água e a glicerina. Utilizou-se a moldagem por compressão como processo de fabricação tanto do amido termoplástico como dos biocompósitos. Foram testadas diferentes quantidades de amido e plastificantes até a obtenção de uma placa homogênea de amido termoplástico.

A partir do amido termoplástico desenvolvido nesse trabalho, partiu-se para a produção dos biocompósitos. Utilizou-se como matriz o amido termoplástico e como reforço o resíduo de papel e casca de arroz. Como resultado do processamento, obtiveram-se placas de biocompósito de amido termoplástico com papel que podem ser empregadas no desenvolvimento de produtos com curto ciclo de vida, como as embalagens. Além disso, outra possibilidade para esse material é o uso para isolamento acústico e térmico, assim, é preciso realizar pesquisas sobre a viabilidade de aplicação desse material.

Em relação ao biocompósito de amido termoplástico com casca de arroz, não foi obtido resultado satisfatório no biocompósito com 20% de matriz e 80% de reforço. No entanto, no experimento com menor quantidade de casca de arroz, obteve-se um material transparente com cascas de arroz espalhadas aleatoriamente. Devido à transparência, este compósito pode ser empregado em luminárias, no entanto, é preciso avaliar se o biocompósito é viável para essa aplicação, principalmente em relação ao calor gerado pela energia elétrica.

Os biocompósitos desenvolvidos neste trabalho são baseados em materiais naturais, como o amido de milho e a casca de arroz, além da utilização de resíduos como o papel oriundo da Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a casca de arroz. Com isso, os biocompósitos podem ser considerados materiais biodegradáveis, e assim, podem ser empregados em um projeto de produto que esteja alinhado com a sustentabilidade.

Referências

ALVES, V. D.; MALI, S.; BELÉIA, A.; GROSSMANN, M. V. E. **Effects of glycerol and amylose enrichment on cassava starch films properties**. Journal of Food Engineering, Essex, v. 78, n. 2, p. 941-946, 2007.

AVÉROUS, L.; BOQUILLON, N. **Biocomposites based on plastificized starch: thermal and mechanical behaviours**. Carbohydrate Polymers, vol. 52, p. 111-122, 2004.

AVÉROUS, L.; DIGABEL, F. **Properties of biocomposites based on lignocellulosic fillers**. Carbohydrate Polymers, vol. 66, p. 480-493, 2006.

- CANGEMI, J. M.; SANTOS, A. M.; CLARO NETO, S. **Biodegradação:** Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. Química nova na escola. China: 43^a Assembléia Geral da IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada), p. 17-19, 2005.
- CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. **Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose.** Departamento de Engenharia de Materiais, UFSCar, São Carlos, p. 268-273, 2005.
- CORRADINI, E.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; AGNELLI, J. A. M.; MATTOSO, L. H. C. **Preparation and characterization of thermoplastic Starch/zein blends.** Material Research, 10(3):227 – 231, 2007.
- Gonzalez, R. F.J.; Ramsay, B.A.; Favis, B.D. **High performance DPE/thermoplastic starch blends:** a sustainable alternative to pure polyethylene. Polymer. 44, 1517–1526, 2003.
- KUCIEL, S.; KUZNIAR, P.; LIBER-KNEC, A. **Polymer biocompósitos with renewable sources.** Archives of Foundry Engineering, p. 53-56, 2010.
- MALI, S. **Mechanical and thermal properties of yam starch films.** Food Hydrocolloids, Oxford, v. 19, n. 1, p. 157-164, 2005.
- MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; HINRICHSEN, G. **Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites:** An overview. Macromol. Mater. Eng. 276/277, p. 1-24, 2000.
- MANO, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia.** São Paulo: Edgar Blucher, 1991.
- NAM, T. H.; OGIHARA, S.; TUNG, N. H.; KOBAYASHI, S. **Effect of alkali treatment on interfacial and mechanical properties of coir fiber reinforced poly(butylene succinate) biodegradable composites.** Composites: Part B 42, p. 1648–1656, 2011.
- OLIVEIRA, M. A. O.; CEREDA, M. P. **Pós-colheita de pêssegos (Prinus persica L. Bastsch) revestidos com filmes a base de amido como alternativa à cera comercial.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 23, n. 1, p. 28-33, 2003.
- PAIVA, J. M. F.; FROLLINI, E. **Unmodified and modified surface sisal fibers as reinforcement of fenolic and lignophenolic matrices composites:** thermal analyses of fibers and composites. Macromolecular Materials Engineering, v. 291, p. 405-417, 2006.
- SAKANAKA, L. S. **Confecção de filmes biodegradáveis por extrusão de blendas de amido termoplástico e polibutileno succinato co-adipato (PBSA).** Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2007.
- SANKRI, A.; Arhaliass, A.; DEZ, I.; Gaumont, A.C.; GROHENS Y.; LOURDIN, D.; PILLIN, I.; Rolland-Sabaté, A.; LEROY, E. **Thermoplastic starch plasticized by an ionic liquid.** Carbohydrate Polymers, v. 82, p.256-263, 2010.
- SUGIH, A. K. **Synthesis and Properties of Starch Based Biomaterials.** Tesis doctoral. Rijksuniversiteit Groningen.143p. 2008.

TAIB, R. M.; RAMARAD, S.; ISHAK, Z. A. M.; TODO, M. **Properties of Kenaf Fiber/Polylactic Acid Biocomposites Plasticized with Polyethylene Glycol.** Polymer composites, 2010.

VILAPLANA, F.; STROMBERG, E.; KARLSSON, S. **Environmental and resource aspects of sustainable biocomposites.** Polymer Degradation and Stability, 95, p. 2147-2161, 2010.

YU, L.; DEANA, K.; LI, L. **Polymer blends and composites from renewable resources.** Prog. Polym. Sci., 31, p. 576 - 602, 2006.