

RESUMO - ENGENHARIAS - ENGENHARIA QUÍMICA

FILAMENTOS BIODEGRADÁVEIS FUNCIONALIZADOS COM COMPOSTOS FENÓLICOS E RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA IMPRESSÃO 3D DE EMBALAGENS ATIVAS

Cristiano Camacho Soares (cris.camacho8@hotmail.com)

Nathalia De Lis Nunes Gomes (nathylis5@gmail.com)

Ester Costa De Almeida (estercosta@ufrj.br)

Victor Hugo Dias De Britto Bicalho (torugo4321@ufrj.br)

Caio Henry Lemos Do Nascimento (caiohenry@ufrj.br)

Rodrigo Liscano (rodrigoliscano@yahoo.com.br)

Daniele Cruz Bastos (daniele.bastos@uerj.br)

Renata Antoun Simao (renata@metalmat.ufrj.br)

Roberta Helena Mendonça (rhmendonca.ufrj@gmail.com)

O Brasil é um dos principais exportadores de insumos agrícolas, sendo a agroindústria fundamental para o PIB e o emprego nacional. Entretanto, a contaminação por fungos e bactérias durante o transporte compromete a qualidade dos produtos e gera perdas econômicas. Paralelamente, cresce a demanda por alternativas sustentáveis que substituam plásticos convencionais, especialmente no setor de embalagens. Polímeros biodegradáveis, como poli(ϵ -caprolactona) (PCL), têm ganhado atenção por sua biodegradabilidade e compatibilidade com tecnologias de manufatura aditiva. Além disso, o

aproveitamento de resíduos agroindustriais tem ganhado importância por seus benefícios ambientais e econômicos, alinhando-se aos princípios da economia circular. A indústria do milho, amplamente relevante no Brasil e no mundo, gera subprodutos que podem ser empregados na formulação de materiais sustentáveis, agregando valor e reduzindo impactos ambientais. A valorização de resíduos agroindustriais, como as fibras de milho, surge como estratégia para aprimorar o desempenho dos materiais e promover práticas de economia circular. Contudo, a utilização de embalagens agrícolas feitas com polímeros não biodegradáveis incentiva o desenvolvimento de materiais mais ecologicamente amigáveis. Diante desse panorama, a escolha adequada da embalagem é essencial, sendo as embalagens ativas biodegradáveis com propriedades antimicrobianas capazes de preservar a integridade dos insumos, inibir o crescimento de microrganismos e prolongar a vida útil dos produtos, contribuindo para a redução de perdas econômicas e para a sustentabilidade da cadeia agroindustrial. O avanço da Indústria 4.0 tem impulsionado inovações em diversos setores industriais. Entre essas, a manufatura aditiva se destaca por permitir a criação de estruturas personalizadas com ampla variedade de aplicações. Nesse contexto, os filamentos assumem papel central na impressão 3D, especialmente no processo de Fused Deposition Modeling (FDM), uma das técnicas mais utilizadas dessa tecnologia. O objetivo deste trabalho foi a produção de filamentos de PCL reforçados com fibras de milho. Tendo como objetivo específico o incremento de características fungicidas e bactericidas a partir da incorporação de um princípio ativo natural derivado de óleo essencial, visando ao desenvolvimento de embalagens ativas. Os filamentos foram produzidos por extrusão a quente (60 °C) no Laboratório de Desenvolvimento de Materiais (LADEMAT/UFRRJ). Foram preparados dois compósitos: o primeiro com 98% de PCL e 2% de fibras de milho (PCL_F), e o segundo com 90% de PCL, 2% de fibras e 8% de composto fenólico derivado de óleo essencial (PCL_FE), sendo todas as porcentagens em massa (m/m). Os filamentos produzidos foram utilizados na impressora 3D pelo método FDM, produzindo protótipos que simulam a fabricação de embalagens ativas com propriedades antimicrobianas. A análise por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) revelou que os filamentos obtidos por extrusão a quente apresentaram superfície sem aglomerados de fibras, indicando dispersão homogênea e orientação adequada das fibras na matriz polimérica. As análises por FTIR indicaram pequenas interações entre o PCL e as fibras de milho, evidenciadas pelas principais bandas características do PCL, sugerindo que suas propriedades sofreram poucas alterações. Os espectros de FTIR também

confirmaram a incorporação bem-sucedida do princípio ativo fenólico à matriz polimérica. Os protótipos foram analisados por microscopia óptica, e as imagens obtidas indicam que o processo de produção do filamento, contendo compostos fenólicos e resíduos agroindustriais, foi altamente satisfatório para a geração de insumo destinado à manufatura aditiva. A impressão 3D demonstrou boa processabilidade, permitindo a confecção do protótipo. Além disso, o filamento possibilitou a incorporação de princípios ativos fenólicos com potencial de combate a pragas, viabilizando o desenvolvimento de embalagens com funções biodefensivas. Este trabalho contribui para a promoção da justiça climática propondo alternativas sustentáveis para a agroindústria, baseadas na valorização de resíduos, na redução de impactos e na construção de soluções que aliam inovação tecnológica à busca por um mundo mais sustentável, justo e igualitário.

Palavras-chave: policaprolactona; manufatura aditiva; filamentos; ftir; mev.