



Crédito: Freepik

Otimização de múltiplos critérios para fabricação de embalagens biodegradáveis

Jesús Carrillo-Ahumada, Cirilo Nolasco-Hipólito, Alejandro Ramírez-Hernández, Alejandro Aparicio-Saguilán, Mônica Buffara Cecato, Gilberto Reynoso-Meza

Sem dúvida alguma, na atualidade, a contaminação ambiental é um dos grandes problemas que demandam com urgência soluções verdadeiramente efetivas. Esta contaminação está associada, em grande parte, aos polímeros derivados do petróleo que não apresentam biodegradabilidade. Tendo em conta que a contaminação ambiental também ocorre por meio do descarte de resíduos

no meio ambiente, embalagens e invólucros de alimentos fazem parte deste rol de polímeros. Uma das soluções propostas para este problema consiste no uso de materiais poliméricos desenvolvidos a partir fontes naturais biodegradáveis para a produção destas embalagens. O amido, por exemplo, é classificado como um polissacarídeo, de fonte natural, encontrado nos meios mais diversos: cereais, tubérculos, legumes e frutas.

A utilização deste, como de outros compostos chamados de biopolímeros, cresce cada vez mais e vem contribuindo para o desenvolvimento econômico de regiões predominantemente agrícolas ao redor do mundo.

Na cidade de Tuxtepec, no estado de Oaxaca, México, encontra-se a Bacia de Papaloapan. Esta bacia estende-se também para outros estados: Oaxaca, Veracruz e Puebla, abarcando uma região que

possui grande atividade comercial, agrícola e industrial. A cidade de Tuxtepec conta com uma vasta atividade agrícola e frutífera, tendo como produtos, dentre vários, a banana-da-terra (*Musa paradisiaca*), oriunda da bananeira (*Musa paradisiaca* L.), e o látex (cis-1,4-poliisopreno), extraído da seringueira (*Hevea brasiliensis* L.).

Desenvolvendo embalagens sustentáveis

Na cidade de Tuxtepec encontra-se a Universidade de Papaloapan, que, em colaboração, com a Pontifícia Universidade Católica do Paraná, situada em Curitiba, desenvolveu alguns materiais biodegradáveis de fontes naturais, agregando, no processo, vários campos de conhecimento, a exemplo das ciências de alimentos, da química e até mesmo de áreas computacionais.

De maneira geral, a fabricação destas embalagens biodegradáveis é realizada a partir de três matérias-primas, consideradas como variáveis de entrada: a banana-da-terra, o látex e o glicerol. A partir de análises físico-químicas realizadas em cada uma dessas matérias-primas, pode-se determinar as três propriedades requeridas nos materiais para o estudo: degradabilidade, umidade e cristalinidade.

Os intervalos das concen-

trações dessas matérias-primas geraram as três propriedades acima mencionada e, portanto, os dados iniciais laboratoriais, embora ainda exista a incógnita de resultados com outras concentrações de matérias-primas.

Ferramentas para concentrações ótimas

Com o intuito de se obter as concentrações ótimas, foram utilizadas duas ferramentas

neste trabalho. A primeira delas foi a programação genética, visando obter um modelo paramétrico para cada uma das propriedades de saída que, por sua vez, foi construído a partir de dados laboratoriais. A outra ferramenta utilizada foi a otimização multiobjetivo, com o intuito de se obter um conjunto de soluções Pareto-ótimas, ou seja, soluções

com diferentes concentrações que pro-

duzissem diversos níveis de respostas de degradabilidade, umidade e cristalinidade. Com o conjunto de dados das concentrações de matérias-primas e suas respectivas propriedades, foi possível escolher, de acordo com as necessidades do pesquisador, quais as propriedades viáveis e suas respectivas matérias-primas que melhor beneficiariam o experimento.

Os resultados obtidos na simulação mostraram que em

diferentes concentrações de matérias-primas se obtém embalagens com diferentes propriedades. As propriedades de umidade, cristalinidade e degradabilidade são relacionadas entre si fortemente. Portanto, os resultados destas propriedades podem ser manipulados dependendo das concentrações de matérias-primas utilizadas, contribuindo assim para a produção de embalagens





possui uma vasta gama de aplicações, não somente nestes problemas experimentais descritos, mas também a todos os processos ou experimentos que apresentem variáveis de entrada e saída, economizando tempo de experimento e custos na fabricação de diversos produtos, o que causaria não apenas um efeito econômico positivo na produção, como também ambiental.

com uma maior preocupação com a sustentabilidade. No trabalho de investigação aqui

pela utilização da otimização múltiplo critério, o que pode contribuir para a diminuição

As concentrações das matérias-primas que proporcionaram as propriedades mais adequadas para a fabricação de embalagens foram determinadas pela utilização da otimização múltiplo critério, o que pode contribuir para a diminuição da contaminação ambiental e ao aproveitamento de recursos materiais locais, impactando positivamente na sociedade e no meio ambiente

apresentado, as concentrações das matérias-primas que proporcionaram as propriedades mais adequadas para a fabricação de embalagens foram determinadas

da contaminação ambiental e ao aproveitamento de recursos materiais locais, impactando positivamente na sociedade e no meio ambiente. A otimização múltiplo critério



**Jesús
Carrillo-
-Ahumada**



**Cirilo
Nolasco-
-Hipólito**



**Alejandro
Ramírez-
-Hernández**



**Alejandro
Aparicio-
-Saguilán**



**Mônica
Buffara
Cecato**



**Gilberto
Reynoso-
-Meza**

Os Pesquisadores

Jesús Carrillo-Ahumada

Doutor em Ciência de Alimentos pelo Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz (2011). Seu mestrado é em Engenharia Química pelo Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba (2006). Atualmente, trabalha no Instituto de Biotecnologia da Universidad del Papaloapan (Tuxtpec, México) como professor titular. Seus principais interesses de pesquisa são controle de teoria, projeto de observadores de estado e processo de engenharia.

Cirilo Nolasco-Hipólito

É engenheiro bioquímico e mestre em tecnologia de fermentação. Possui doutorado em Agricultura com especialização em Tecnologia Microbiana. Atua como professor da Universidad del Papaloapan e ministra cursos de engenharia química. Sua linha de pesquisa está relacionada à transformação de culturas agrícolas em produtos de maior valor agregado por meio da tecnologia de fermentação, seleção e purificação de bactérias lácticas para produção de ácidos orgânicos, conversão de amidos em glicose por processos enzimáticos. Publicou mais de 70 artigos de investigação científica, proferiu conferências nacionais e internacionais. Orientou mais de 30 teses de graduação, mestrado e doutorado.

Alejandro Ramírez-Hernández

Doutor em Química pela Universidade de Guanajuato, mestre em Ciências Químicas pela Universidade de Guanajuato e licenciado em Química pela Universidad de Guanajuato. Professor investigador de time completo, Associado "C" em Universidad del Papaloapan campus Tuxtpec, Oaxaca. Membro do Sistema Nacional de Pesquisadores (SIN) nível I, perfil PRODEP. Linha de pesquisa: "Síntese, degradação, modificação e caracterização de polímeros sintéticos e naturais". Integrante do núcleo acadêmico da Maestría em Ciências Químicas e do doutorado em Ciências Químicas da Universidad del Papaloapan.

Alejandro Aparicio-Saguilán

Doutor em Desenvolvimento de Produtos Bióticos pelo Instituto Politécnico Nacional (IPN), mestre em Ciências em Desenvolvimento de Produtos Bióticos pelo Instituto Politécnico Nacional (IPN) e bacharel em Engenharia Bioquímica, pelo Instituto Tecnológico de Acapulco. Professor-Pesquisador "B" da Universidade de Papaloapan; membro do Sistema Nacional de Pesquisadores (SIN) nível II, perfil PRODEP. Membro do corpo acadêmico UNPA-CA-30 (nível consolidado). Membro do NA do mestrado e doutorado em Biotecnologia.

Mônica Buffara Cecato

Doutoranda em Engenharia de Produção e Sistemas na PUCPR, mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais pela UFPR e Engenheira Química pela PUCPR. Atua como Coordenadora de Engenharia nas Faculdades da Indústria do Sistema FIEP/SENAI, corretora e contêuidista na UNINTER e consultora Autônoma nas áreas de Engenharia, Química e Educação. Atuou na PUCPR como Coordenadora, Supervisora e Membro do Conselho Universitário. Atuou no ramo industrial nas áreas de P&D, materiais, saneantes e domissanitários. Possui experiência acadêmica em gestão, docência e pesquisa e experiência profissional no segmento industrial químico e de materiais.

Gilberto Reynoso-Meza

Recebeu o título de Doutor (2014) em Automação pela Universidade Politécnica de Valência (Espanha), o título de Mestre (2005) em Automação e Controle e o título de Bacharel (2001) em Engenharia Mecânica pelo Instituto Tecnológico e de Estudos Superiores de Monterrey (México). Atualmente, ele está ligado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como Professor Associado. É Bolsista de Produtividade do CNPq. Sua linha de pesquisa está relacionada a inteligência computacional aplicada a métodos de engenharia de controle, aprendizagem de máquina, otimização multiobjetivo, tomada de decisão multicritérios e algoritmos evolutivos.

Contato

jcarrillo@unpa.edu.mx

