

Uma visão sobre o atual (e futuro) cenário produtivo de bioplásticos, a partir das ações em Design

A view on the current (and future) scenario of bioplastics, from design action

Caroline Balbio, Graduação em Desenho Industrial

carolbalbio@gmail.com

Viviane Cruz, Graduação em Desenho Industrial

viviane.cruz88@yahoo.com.br

Vicente Cerqueira, Doutor em Ciência e Tecnologia de Polímeros

vcerqueira@ufrj.br

Resumo

Atualmente observam-se várias iniciativas para reduzir, ou até mesmo, substituir o consumo de derivados de petróleo em diversos segmentos industriais. Uma das iniciativas mais interessantes no cenário produtivo é a incorporação de biopolímeros, em especial os bioplásticos, ao sistema de produção industrializada. Logo, o presente artigo, corresponde à primeira parte do estudo realizado como Iniciação Científica, vinculado ao laboratório de Gestão Tecnológica em Design – GT-Design/UFRJ, com o objetivo de analisar os aspectos aplicativos dos bioplásticos. Para o estudo foi utilizado o método de pesquisa qualitativa, de caráter exploratório, a partir de levantamento em fontes bibliográficas. Como resultando foi verificado que os bioplásticos são fontes de extrema relevância às atividades produtivas, pois demonstram resultados significativos para a substituição ou incorporação aos polímeros sintéticos, reduzindo o consumo de hidrocarbonetos derivados do petróleo.

Palavras-chave: Bioplásticos 1; Biopolímeros 2; Design e Aplicações 3

Abstract

Currently, initiatives are being taken to reduce or even replace the consumption of petroleum products in various industrial segments. One of the most interesting initiatives in the production scenario is the incorporation of biopolymers, especially bioplastics, into the industrialized production system. Therefore, this article is first part of the study carried out as a scientific initiation, linked to the Laboratory of Technological Management in Design - GT-Design / UFRJ, with the objective of analyzing the application aspects of bioplastics, with reference to the Sustainable Design propositions. For the study, the qualitative research method was used, with an exploratory character, based on a survey of bibliographical sources. As a result of this work, it was verified that bioplastics are extremely relevant to productive activities, since it has demonstrated significant results for the substitution or incorporation into synthetic polymers, reducing the consumption of oil-derived hydrocarbons.

Keywords: Bioplastics 1; Biopolymers 2; Design and application 3

1. Introdução

O atual cenário industrial está passando por significativas alterações ao longo das últimas décadas. Entre essas mudanças no cenário produtivo, destacamos os novos paradigmas que envolvem as relações ambientais, principalmente, no uso dos recursos naturais e o descarte no meio ambiente. Tanto no campo científico, quanto na prática de desenvolvimento do Desenho Industrial estamos sempre à procura de soluções inovadoras que possam melhorar a qualidade de vida da sociedade, para que possam atendendo demandas e expectativas de consumidores e usuários.

Os polímeros plásticos formam um grupo de materiais de aplicabilidade muito versátil, empregado para produção de diversos produtos, há muito mais tempo do que muitos imaginam. Na Idade Média lanternas eram fabricadas utilizando chifres de animais. Chifres são compostos de queratina, uma proteína gerada por vários animais. Mas muito antes o povo Olmeca, no México empregava bolas produzidas com borracha natural para prática de jogos. Além desses, podemos mencionar o uso de outros exemplos de produtos fabricados por biopolímeros de origem animal e vegetal, para produção de diversos produtos, tais como óculos feitos em casco de tartaruga, tecidos com fibras produzidas pelo bicho da seda, gomas vegetais aplicadas para fabricação de tintas e vernizes entre vários outros exemplos.

Mas o que realmente impulsionou o crescimento da indústria de transformação de polímeros foi o desenvolvimento dos polímeros sintéticos em substituição aos polímeros naturais. Gradativamente, o grupo dos polímeros sintéticos, em especial dos materiais plásticos, foi ocupando o espaço dos biopolímeros, isto porque ofereciam maior padrão qualitativo, além de oferecerem uma amplitude de uso significativa. No entanto, o aumento do consumo desses materiais e problemas relacionados à educação ambiental no descarte de produtos ou resíduos plásticos vêm gerando uma forte preocupação o desgaste do meio ambiente, dado ao índices de poluição gerados por esses materiais, principalmente, em relação à fauna marinha.

Pensar em novos processos e novos materiais que possam ser aplicados aos produtos, são aspectos necessários às pesquisas sobre os materiais poliméricos se suas aplicações, principalmente, quando utilizados em determinados segmentos de mercado, tais como: produtos descartáveis e rotáveis, embalagens e sacarias, produtos de baixo valor agregado ou que apresentem ciclo de vida curto, entre outros segmentos considerados como *commodities*.

Logo, o objetivo geral deste trabalho de iniciação científica é realizar um levantamento bibliográfico de carácter prospectivo sobre o biopolímeros, em especial os qualificados como bioplásticos, com o intuito de verificar e propor novas aplicações e usos deste grupo de materiais poliméricos, tendo como finalidade desenvolver novos conceitos em design de produtos. Este artigo é referente a primeira parte da pesquisa, onde são apresentados e discutidos alguns conceitos pertinentes aos bioplásticos. Para a segunda parte, serão realizados alguns estudos prospectivos em design, tendo como finalidade propor conceitos de produtos que venham utilizar como matérias-primas os bioplásticos.

2. Revisão sobre o tema biopolímeros

Biopolímeros consistem em polímeros gerados por processos naturais (Biogenia) encontrados todos os organismos vivos. O amido, a celulose, a lignina e vários polissacarídeos, correspondem a biopolímeros de origem vegetal, denominados de fitopolímeros. Quando a origem do biopolímero é animal, recebem a denominação de zoopolímeros, tais como: a quitina, a seda, a caseína entre outros (MANO & MENDES, 2013).

Os biopolímeros apresentam diversas características mecânicas, podendo ser qualificados como plásticos, elásticos ou fibras, além disso, oferecem uma variedade significativa de propriedades o que possibilita a aplicação em diversos segmentos de produtos. Ao contrário dos polímeros sintéticos, derivados de hidrocarbonetos petroquímicos, os polímeros de base biológica são gerados a partir de matérias-primas renováveis ou em constante abastecimento.

Com base no *European Bioplastics* (2016) os biopolímeros aplicados em transformação podem ser classificados como “biobaseados” ou “biodegradáveis” e, em certos casos, com as duas características. Logo, os bioplásticos poderão ser qualificados como:

- **Plásticos Biobaseados-** corresponde aos materiais parcialmente derivado de componentes obtidos da biomassa, tais como aqueles derivados da cana-de-açúcar, celulose, milho, entre outros, que poderão ser compatibilizados ou não com polímeros sintéticos gerando um bioplástico;
- **Plásticos Biodegradáveis-** corresponde aos materiais apresentam condições de biodegradabilidade onde um agente biológico disponível no ambiente irá convertê-lo em alguma substância de fácil absorção natural, como dióxido de carbono ou compostos orgânicos (adubo). De modo geral, os bioplásticos degradáveis poderão ser obtidos a partir de fitopolímeros ou zoopolímeros.

Contudo, há a ocorrência de polímeros biodegradáveis de origem mineral, denominados de “geopolímeros”, como por exemplo os policarbonatos – grafite, o diamante e os polióxidos.

Embora as três classes remetam aos materiais poliméricos de origem natural orgânica, somente os polímeros de natureza biológica é que podem ser denominados de biopolímeros, pois estão ligados à vida vegetal ou animal e, apesar de serem inertes, alguns não apresentam biocompatibilidade ambiental. Da mesma forma alguns biopolímeros não apresentam propriedade mecânicas, o que limita sua aplicação em processos de transformação, apesar de serem largamente empregados pela indústria alimentícia.

As pesquisas e estudos com biopolímeros têm impulsionado a evolução dos materiais plásticos oferecendo duas grandes vantagens se comparados aos polímeros sintéticos: 1- Reduzem a utilização de recursos fósseis (petróleo), através do uso da biomassa que se renova anualmente; e 2- Promovem meios de aproveitar o material ao final de sua vida útil, seja por meio da reciclagem ou por meio da compostagem.

Apesar dessas vantagens, o biopolímeros ainda apresentam certas considerações críticas quanto a sua utilização, tais sejam: 1- o uso de determinados alimentos (batata, milho, entre outros polissacarídeos) que poderiam contribuir com produtos alimentícios; 2- a utilização do solo para geração de matérias-primas; 3- a restrição ou a especificidade de aplicações de determinados biopolímeros; 4- o custo de produção para transformar polímeros naturais em bioplásticos; e 5- a resistência tecnológico para transformação desses materiais. Essas e outras considerações demonstram que ainda existem uma série de barreiras tecnológicas e sociais que inibem projetos e pesquisas com esse grupo de polímeros.

3. Metodologia aplicada ao estudo

A metodologia utilizada para este estudo tem como base um levantamento sobre o cenário atual da produção e uso de biopolímeros, em especial os materiais com propriedades mecânicas na zona plástica, denominados de bioplásticos, com o intuito de estabelecer indicativos e parâmetros projetivos para o desenvolvimento de novos produtos e novos processos produtivos. Este estudo de iniciação científica adota critérios de pesquisa exploratória, com enfoque qualitativo, para coleta e seleção de dados e informações que posteriormente serão discutidas e processadas de maneira experimental (FLICK, 2004). Para tal, este pesquisa foi planejada para ocorrer em duas fases, tais sejam:

- **Primeira fase-** foi utilizado, fontes secundárias, a partir de livros, artigos científicos, teses e dissertações que versassem sobre o tema biopolímeros ou bioplásticos. Em seguida, foram verificados dados e informações disponíveis em *sites* e *home-pages* de institutos de pesquisas, empresas e associações técnicas para observar como se encontra a aceitação deste grupo de materiais em termos práticos, tendo como finalidade de estabelecer um panorama geral sobre a aplicação dos bioplásticos.
- **Segunda fase-** refere-se ao estudo prospectivo de segmentos de mercado e de produtos que poderão empregar os bioplásticos, sejam eles, biobaseados ou biodegradáveis, por meio do desenvolvimento de concepções de produtos, tendo como finalidade demonstrar a potencialidade aplicativa e econômica de aplicação desses materiais na manufatura.

Por fim, espera-se com esta pesquisa de iniciação científica, uma melhor compreensão sobre dos biopolímeros, em especial o uso e aplicação dos bioplásticos em manufatura de produtos, principalmente, aqueles de ciclo de vida curto.

4. Um estudo sobre o cenário dos bioplásticos

No mundo de hoje, os biopolímeros são normalmente vistos em muitas aplicações, desde a produção de *commodities* até o uso em tecnologias mais avançadas, graças ao progresso no campo da biotecnologia, da ciência dos materiais e, também, ao aumento da conscientização de alguns setores públicos. Pesquisas sobre biopolímeros vêm sendo feitas para encontrar novas tecnologias para a fabricação em larga escala, haja vista as vantagens que ele proporciona para determinados segmentos de produtos.

Emissões de carbono e de gases do efeito estufa, derivados da produção de alguns produtos e a economia derivada do petróleo com a substituição polímeros sintéticos por bio poliméricos acarretará novos panoramas para a fabricação de produtos industrializados. Logo, utilizar recursos renováveis para a obtenção de biopolímeros e, por conseguinte de bioplásticos, é vital para expandir a oferta de novos materiais. Assim como, a biomassa oriunda dos processos de produção de bioplásticos poderá ser aplicada como fonte de geração de energia, como, também, quando não mais utilizada como fertilizante natural.

Na literatura específica são indicados como os principais biopolímeros biodegradáveis o PLA - Poli (ácido-lático), os PHAs - Poli (hidroxi-alcanolatos, os PHBs Poli(hidroxi-butilato), assim como o PCL –Policaprolactana, sendo considerados, também, como os propulsores para o crescimento tecnológico deste grupo de bioplásticos). Esses bioplásticos são 100% biodegradáveis e possuem uma ampla gama de propriedades físicas e mecânicas, dependendo de sua composição química. De acordo com a *European Bioplastics* (2016) a capacidade de produção de PLA também devem crescer 60% até 2023 em comparação com 2018. O PLA é um material muito versátil e poderá substituir ou mesmo ser incorporado a plásticos sintéticos, tais como: PS (Poliestireno), PP (Polipropileno) e ABS Copolímero (acrilonitrila-butadieno-estireno).

Em linhas gerais, a aplicação dos biopolímeros é aumentada à medida que os métodos de produção avançam, resultando redução de custo de processos. Porém, esta categoria de materiais ainda é suscetível a variações de qualidade técnica ou mesmo de aplicabilidade em determinados segmentos de mercado. Parte dos bioplásticos pode substituir sem nenhuma desvantagem alguns plásticos, derivados de hidrocarbonetos fósseis, em diferentes setores de mercado, como embalagens de alimentos, componentes automotivos, utensílios domésticos, sacos e sacolas, recipientes de armazenamento entre outros.

Diversos tipos de vegetais, assim como os resíduos das plantações formam fontes abundantes (e renováveis) de matérias-primas para a produção de biopolímeros. Assim como é comum encontrarmos recursos de origem animal para a obtenção de bioplásticos, tais como os originários dos exoesqueletos de crustáceos que têm sido pesquisados como fonte viável de polímeros como a quitosana e a quitina para a produção de biodegradáveis ou na constituição de biobaseados compósitos.

De acordo como *BiopolySci*, (2018) no campo da nanotecnologia, nanopolímeros e nanoargilas, isto é, geopolímeros, ganharam enormes interesses de pesquisadores em recentes pesquisas. Nanopolímeros são usados em microeletrônica e os microdispositivos estão abaixo de 100nm. Ambos os Nanopolímeros e Biomateriais à base de polímeros naturais são usados para entrega de fármacos, partículas de miniemulsão, catalisadores ligados a polímeros de eléctrodos de células de combustível, filmes poliméricos, litografia de impressão, nanofibras e *blenders* poliméricos, são outros exemplos de produtos que utilizam os bioplásticos.

Os nanopolímeros apresentam propriedades físicas específicas que os qualificam na condição de materiais compósitos de matriz polimérica, os quais apresentam como principais características a resistência mecânica, as propriedades eletro-ópticas, a resistência ao calor, o baixo peso (leveza) entre outras. Nos últimos anos uma nova classe de polímeros biocompatíveis tem sido pesquisada e tem atraído à atenção nas áreas da ciência de polimérica. Polímeros que podem ser “bioassimilados” vêm ganhando atenção para dispositivos médicos ou implantes a partir de biopolímeros. Esses polímeros poderão dar origens a materiais como Polietilenos (PEs), Polipropilenos (PPs) entre outros que

possuem como principais propriedades a atoxicidade, apresentando boa interação com organismos vivos; a biomimesis que permite a engenharia de tecidos para o crescimento de órgãos e tecidos vivos para fins de enxertia, isto é, biocompatíveis que possibilitam o desenvolvimento de tecidos vivos. Logo, esses materiais são qualificados, também, como biomateriais (ORÉFICE, PEREIRA & MANSUR, 2012)

4.1 Perfil dos bioplásticos: Aplicações e características

A aplicação de biopolímeros em produtos é resultado de inovações que envolvem a combinação entre os materiais, os processos e os produtos. Logo, a especificação deverá compatibilizar as propriedades inerentes aos bioplásticos com às funções do produtos, estabelecendo uma visão ecologicamente sustentável ao processo (economia de energia, água entre outros recursos) e, com isso, cria-se mudanças de hábitos na fabricação de produtos e no uso. Na tabela abaixo, são apresentados os principais bioplásticos identificados na primeira fase da pesquisa e que nortearam estudos suas aplicações em produtos.

Biopolímeros	Aplicação	Características
POLI-HIDROXIALCANOATOS (PHA)	Sacola, aparelhos de barbear descartáveis, fraldas, produtos higiênicos femininos, embalagem de cosméticos, frascos de shampoo, canudos.	Biodegradáveis, biocompatíveis, insolúveis em água, atóxico, biocompatíveis na área médica e possuem um alto grau de polimerização
POLILACTATO (PLA)	Produção de garrafas para água mineral, copos e sacolas descartáveis, tecidos, fibras para preenchimento de estofamento, utensílios plásticos em geral e, até mesmo, em próteses e enxertos ósseos.	É um termoplástico bastante rígido e resistente, difícil de deformar ou flexionar, porém, devido a essa alta dureza, torna-se menos resistente a impacto
XANTANA	É usado como aglutinante e desagregante em comprimidos e cápsulas. É um aditivo bastante utilizado na indústria alimentícia, na farmacêutica, de higiene e de cosméticos como estabilizante, espessantes e emulsificantes.	Estabilizante e espessantes. Solúvel em água fria ou quente. Solução viscosa pouco afetada pelo pH ou pela temperatura. Não gelifica. Comportamento pseudo-plástico.
POLÍMEROS DE AMIDO	Embalagens alimentícias, embalagens cosméticas, sacolas plásticas de mercado, garrafas, canetas, vidros, tampas, talheres, frascos, copos, bandejas, pratos, filmes para a produção de tubetes, filamentos de impressão 3D, dispositivos médicos, tecidos não- trançados e etc.	É um carboidrato de reserva energética nos tecidos vegetais, com a maioria das células vegetais tendo capacidade de sintetizá-lo
QUITOSANA	Indústria alimentícia - fibras dietéticas, redutor de colesterol, conservante para molhos, fungicida e bactericida, recobrimento de frutas. Indústria de cosméticos - hidratante capilar, creme dental. Indústria Farmacêutica - Sutures cirúrgicas, implantes dentários,	Características mais promissoras da quitosana é sua excelente habilidade para ser processada em estruturas porosas para uso em transplante de células e regeneração tecidual. As estruturas de quitosana porosa podem ser formada por liofilização de soluções de quitosana-ácido acético em

	reconstituição óssea, lentes de contato, liberação controlada de drogas em animais e humanos, encapsulamento de materiais	moldes apropriados.
BIOPOLÍMERO FEITO A PARTIR ALGAS	Frascos de xampu, potes, copos, talheres, pratos, vasos, sapatos e solas, entre outros objetos, que irão se decompor no meio ambiente sem emitir poluentes.	Emite menos CO ₂ e possui proteção UV.
POLIBUTILENOSUCCINATO (PBS)	Embalagem de alimentos, vasos de plantas, produtos de higiene e redes de pesca.	É cristalino e flexível, normalmente é utilizado em utensílios que necessitam de uma capacidade de tolerância a altas temperaturas (100°C a 200°C)
POLIETILENO FURANONATO (PEF)	São ideais para embalagens de refrigerantes, água, bebidas alcoólicas, sucos de frutas, alimentos e produtos não alimentícios.	Alta temperatura de transição vítrea e ponto de fusão inferior a do PET

Tabela 1- Principais Bioplásticos e aplicações. (Fonte: Elaboração própria, 2018)

4.2 Aplicações e usos do bioplásticos

De acordo com os estudos realizados, foi possível verificar que os investimentos em pesquisas tecnológicas utilizando bioplásticos, não estão limitados a centros de pesquisas. Muitas empresas *start-ups*, no mundo todo, buscam soluções práticas em sustentabilidade para redução de problemas ambientais e o uso de biopolímeros tem se mostrado como um dos mais viáveis em termos tecnológicos em processos (inclusive, aditivos) e produtos, conforme os exemplos a seguir.

Em 2018 a empresa de brinquedos dinamarquesa Lego®, desenvolveu uma gama de novas peças feitas de polietileno bioplástico (Figura 2) derivado de hidrocarbonetos originários do etanol extraído da cana-de-açúcar. Enquanto as peças simbolizando vegetais representam apenas uma pequena porcentagem da produção da Lego, o objetivo final da empresa é produzir todos os seus componentes usando o bioplástico até 2030.



Figura 2- Componentes Lego® simbolizando vegetais produzidos com Polietileno Biobaseados (Fonte: Dezeen, 2016)

Com foco na pegada ecológica, a empresa de roupas esportivas Reebok® apresentou, em 2018, o primeiro produto de sua iniciativa 100% vegetal: tênis feitos de fibra de algodão orgânico e poliuretano, derivado do milho, que denominou de *Cotton + Corn*, com o propósito de reduzir os impactos ambientais da indústria da moda por uma alternativa à borracha à base de petróleo e solas de espuma usadas em calçados.



Figura 3- Tênis com uso de bioplásticos derivado de fontes renováveis (Fonte: Dezeen, 2016)

Os designers holandeses Eric Klarenbeek e Maartje Dros desenvolveram um bioplástico, feito de algas, que secam e transformam em um material que pode ser usado para imprimir objetos em 3D. Os designers acreditam que o bioplástico desenvolvido poderá ser aplicado utilizando diversas tecnologias e aplicações, desde frascos de xampu até utensílios de mesa. Outro exemplo do uso de algas na composição de bioplásticos, foi desenvolvida pela designer chilena Margarita Talep que criou um plástico biodegradável, utilizando o Ágar, uma substância polissacarídica gelatinosa que é extraída de algas vermelhas. O material pode ser aplicado para embalagens descartáveis, a partir da obtenção de polissacarídeos associados a outros componentes, cuja a variação de composição permite manipular o conjunto de propriedades do material final.

Um tipo de bioplástico compostável feito de amido de milho, açúcar e óleo de cozinha, criado pelo *Crafting Plastics Studio*, apresentado no London Design Festival em 2018, poderia substituir uma quantidade significativa de embalagens feitas com filmes plásticos. Segundo, um de seus inventores o Nuatan®, é mais durável do que os bioplásticos anteriores e é inofensivo quando compostado ou ingerido.



Figura 4- Exemplos de produtos obtidos com o bioplásticos (Fonte: Dezeen, 2016)

5. Resultados e discussões prévias

Os plásticos representam uma grande parte dos muitos produtos existentes na vida cotidiana. Para quase todos os materiais plásticos convencionais, existe uma alternativa de bioplásticos já disponível no mercado. Os bioplásticos são materiais altamente complexos e sofisticados que podem ajudar a tornar os produtos plásticos mais sustentáveis e continuar a desenvolver ainda mais os muitos benefícios dos plásticos. A crescente conscientização e demanda por produtos biodegradáveis e seu impacto no meio ambiente, os bioplásticos estão se tornando um material bastante procurado por um número crescente de marcas em todo o mundo. De acordo com a *European Bioplastics*, os dados mais recentes do mercado prevêem que entre até 2022, as capacidades de produção global de bioplásticos crescerão cerca de aproximadamente 2,44 milhões de toneladas em 2022.

Atualmente, os bioplásticos representam cerca de um por cento dos cerca de 335 milhões de toneladas de plástico produzidos anualmente. Mas à medida que a demanda aumenta e com materiais, aplicações e produtos o mercado vem crescendo muito dinamicamente.

Plásticos biobaseados como PET possuem propriedades que são idênticas às suas versões convencionais sintéticas. Esses bioplásticos são tecnicamente equivalentes às suas contrapartes fósseis; no entanto, ajudam a reduzir a pegada de carbono de um produto. Além disso, eles podem ser reciclados. Nas correntes de reciclagem já existentes. Novos materiais, como PLA, PHA, celulose ou materiais à base de amido, oferecem soluções com funcionalidades completamente novas, como biodegradabilidade e compostabilidade.

Hoje, os bioplásticos são produzidos principalmente de plantas ricas em carboidratos, como milho ou cana-de-açúcar. Chamadas de matéria-prima de primeira geração são atualmente a mais eficiente para a produção de bioplásticos, pois exige a menor quantidade de terra para crescer e produz os maiores rendimentos. As pesquisastambém concentram-se em subprodutos não comestíveis da produção de culturas alimentícias, que inevitavelmente geram grandes quantidades de subprodutos como palha, palha de milho ou bagaço de cana, que geralmente são deixados no campo onde se biodegradam em uma quantidade muito maior do que o necessário para adubo.

Os bioplásticos são adequados para uma ampla gama de opções no fim de sua vida útil, incluindo reutilização, reciclagem e recuperação de energia. Parte esmagadora do volume bioplástico produzido hoje pode ser facilmente reciclado ao lado de suas contrapartes convencionais, mesmo onde existem separação de reciclagem para certos tipos de material (por exemplo, PET biobaseado junto do PET convencional). Além disso, se os bioplásticos não puderem mais ser reutilizados ou reciclados, é possível usá-los na produção de bioenergia.

6. Conclusão

Devido razões econômicas e ambientais, o mundo está cada vez mais atento à utilização de fontes renováveis, principalmente, de energia e matérias-primas. Governos de diversos países vêm implementando políticas de incentivos para estimular desenvolvimentos de novas rotas baseadas em recursos renováveis, alternativos ao petróleo que além do preço instigam também seu esgotamento e questões ambientais.

Neste artigo foi abordado o assunto sobre biopolímeros, material que se adéqua como matérias-primas em diversos aspectos produtivos e trazem inovações tecnológicas e métodos que permitem desenvolver e aprimorar conhecimentos na fabricação de produtos. Foi observado que, atualmente, alguns biopolímeros estão sendo mais pesquisados e utilizados do que outros, dos quais destacamos: o amido de milho, a fécula de batata, as algas marinhas, PLA, PHA e o PHB isto devido às potencialidades de aplicação em substituição aos polímeros sintéticos, assim como no desenvolvimento de determinados segmentos de mercado como, por exemplo, a área de saúde, por meio de fármacos e produtos cirúrgicos. Tais materiais oferecem uma ampla gama de funcionalidades otimizadas para cada tipo de aplicação e, além disso, podem reduzir o impacto no meio ambiente, estimulando assim, pesquisas e desenvolvimentos de novos materiais bem como discussões sobre a aplicação desse material no atual contexto econômico.

Essa trajetória de inovações tecnológicas está cada vez mais se objetivando nas ideologias de conservação ao meio ambiente e fazendo perceber que os biopolímeros podem substituir os polímeros tradicionais, e assim, conseguir fazer parte da rotina social em forma de sacolas plásticas, embalagens, entre outros visto que os polímeros fabricados com base em matérias-primas renováveis, em sua maioria, têm as mesmas características do plásticos sintéticos.

Infelizmente, os bioplásticos atualmente são apenas uma fração da produção total de plástico global. Isso é resultado do alto custo de produção e baixo rendimento financeiro. Porém, o aumento dos preços do petróleo e o declínio da disponibilidade de plásticos sintéticos levaram à modernização da tecnologia de bioplásticos e à redução do custo total de produção.

Desenvolvimentos pelos avanços da biotecnologia podem garantir redução de custos de produção na ampliação da escala de produção, mas, principalmente, assegurar uma efetiva redução de custos que os coloque em condições de competição com os polímeros sintéticos.

Referências

- ANDRADE, C. *et al.* **Dicionário de Polímeros**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.
- CERQUEIRA, V. *Bioplastics taxonomy: Concepts and definitions from the perspective of productive sustainability* - Anais, Revista Mix Sustentável/UFSC, 2018.
- CERQUEIRA, V. *Sustainability in plastics manufacture in the context of Industry 4.0*. SBDS + ISSD 2017. Belo Horizonte, UFMG, 2017 (*on press*)
- FLICK, Uwe. **Uma introdução à pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- KATZ, S. *Plastics: common objects, classic designs*. London: Thales & Hudson, 1984.
- MANO, E. & MENDES, L. **Introdução a Polímeros – 2ª Edição**. São Paulo: Edgar Blücher, 1999.
- MANO, E. & MENDES, L. **A Natureza e os Polímeros: Meio ambiente, geopolímeros, fitopolímeros e zoopolímeros**. São Paulo: Edgar Blücher, 2013.
- MANO, E.; PACHECO, E.; BONELLI, C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005.
- MEI, L. H. **Bioplásticos: biodegradáveis e biobaseados**. Campinas: Unicamp, 2015.
- _____. *Environmental communication guide for bioplastics*. Disponível em <http://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>; Acesso em 23/03/2016.

- ___, ___. **Plastics and Sustainability**. Disponível em <http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017.aspx>; Acesso em 21/01/2017.
- ___, ___. **Biodegradable Products Institute – BPI**. Disponível e <http://www.bpiworld.org/>, Acesso em 09/05/2017.
- ___, ___. **The New Plastics Economy: rethinking the future of plastics**. Ellen Macarthur Foundation. London, 2016. Disponível em <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/publicações>. Acesso em 03/02/2017.
- ___, ___. **Lego to launch sustainable bricks made from sugar cane**. Disponível em <https://www.dezeen.com>. Acesso em 25/01/2018
- ___, ___. **Margarita Talep develops alga e-based alternative to single-use plastic packaging**. Disponível em <https://www.dezeen.com>. Acesso em 25/01/2019
- ___, ___. **Biodegradable natural plastic Nuatan can safely be eaten by fish**. Disponível em <https://www.dezeen.com>. Acesso em 25/01/2018
- ___, ___. **Dutch designers convert algae into bioplastic for 3D printing**. Disponível em <https://www.dezeen.com>. Acesso em 25/01/2019
- ___, ___. **Normas Publicadas**. Disponível em <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em 28/01/2019.