

Polímeros biodegradáveis e biopolímeros: uma opção de Produção mais Limpa para embalagens alimentícias de origem fóssil

Joel Rodrigues da Silva (UDESC) joel.rodriguesdasilva@gmail.com

Daniel Laube Moritz (UDESC) daniel.laube.moritz@gmail.com

Eduardo Tschoeke dos Santos (UDESC) eduardotschoeke@gmail.com

Alexandre Borges Fagundes (UDESC) alexandre.fagundes@udesc.br

Fernanda Hänsch Beuren (UDESC) fernanda.beuren@udesc.br

Resumo:

O uso de polímeros de origem não renovável é uma importante preocupação poluente para o meio ambiente pelo descarte inadequado. Um dos setores de maior uso de polímeros é a indústria alimentícia, com a aplicação em embalagens para, entre outras razões, proteger os alimentos durante o seu transporte e armazenamento. A aplicação da tecnologia de Produção mais Limpa (P+L), tem como um dos seus objetivos o uso consciente da matéria-prima, trazendo os biopolímeros como um dos meios inovadores utilizados para que as empresas atinjam as definições de sustentabilidade ambiental. Esta pesquisa apresenta uma visão geral do mercado mundial a este respeito e mostra algumas empresas nacionais de tecnologia pioneira em produtos de polímeros biodegradáveis. As vantagens do uso de biopolímeros ao invés de convencionais são enfatizadas, uma vez que eles têm um tempo de decomposição reduzido. Ainda é um desafio para que as indústrias forneçam embalagens deste tipo em maior escala, uma vez que se deve investir em mais pesquisa e desenvolvimento, a fim de proporcionar a concepção de processos produtivos mais competitivos economicamente. Nesse sentido, as parcerias entre universidade e iniciativa privada apresentam-se como alternativa para superar essas barreiras, unindo pesquisa e desenvolvimento de produtos que agredam menos ao meio ambiente e sendo viáveis técnica, econômica e ambientalmente, tornando as embalagens de alimentos mais sustentáveis.

Palavras chave: Embalagens, Biodegradação, Biopolímeros, Indústria alimentícia.

Biodegradable polymers and biopolymers: a Cleaner Production option for food packaging of fossil origin

Abstract

The use of polymers of non-renewable origin is an important concern polluting the environment by inappropriate disposal. One of the sectors of greater use of polymers is the food industry, with the application in packaging to, among other reasons, protect the food during its transport and storage. The application of the Cleaner Production (CP) technology has as one of its objectives the conscious use of the raw material, bringing biopolymers as one of the innovative means used for companies to achieve the definitions of environmental sustainability. This survey presents an overview of the global market in this regard and shows some national technology pioneer companies in biodegradable polymer products. The advantages of using biopolymers rather than conventional ones are emphasized, since they have a reduced decomposition time. It is still a challenge for industries to provide such packages on a larger scale, since more research and development should be invested in order to provide the design of more economically competitive production processes. In this sense, the partnerships between universities and private initiative are presented as an alternative to overcome these barriers, uniting research and development of products that attack less to the environment and being technically, economically and environmentally viable, making food packaging more sustainable.

Key-words: Packaging, Biodegradation, Biopolymers, Food industry.

1. Introdução

As embalagens plásticas se fazem presentes em diversas áreas da indústria, sendo mais comumente utilizada pela indústria alimentícia, onde estas embalagens têm a finalidade de conservar o produto de seu interior de intempéries externas, tanto físicas, químicas, mecânicas e biológicas. Todavia, estas embalagens têm se tornado um problema para o meio ambiente pelo seu descarte inapropriado (LANDIM et al., 2016; FONTOURA, CALIL, CALIL, 2016), podendo ser encontrados estes tipos de embalagens em rios, córregos, matas, florestas e em grandes quantidades no meio urbano.

Atualmente, para a fabricação de produtos plásticos em geral, inclusive as embalagens nos diversos tipos de setores industriais, são provenientes da nafta, que por sua vez é extraída do petróleo durante o refinamento do mesmo (LANDIM et al., 2016) sendo que a utilização indiscriminada do petróleo resulta em problemas socioeconômicos, como o aumento do preço desta fonte não renovável e de produtos derivados, assim como problemas ambientais que, por se tratar de um produto de origem fóssil – o plástico – pode levar centenas de anos até se decompor no meio ambiente quando descartados de forma inapropriada (FONTOURA, CALIL, CALIL, 2016; PEREIRA et al., 2013).

Os plásticos podem ser classificados em dois grandes grupos: os termofixos e os termoplásticos. Os termoplásticos quando expostos ao calor, amolecem, e quando são resfriados se tornam rígidos novamente, permanecendo na forma em que foram moldados, sendo assim, podem ser facilmente reciclados. Já os termofixos são plásticos mais resistentes e duros e que após a sua formação inicial, quando expostos novamente ao calor, não amolecem, se deformando e não podendo mais voltar para a forma original (SANTOS, 2017; CALLISTER, 2000).

A reciclagem é um processo essencial para o controle de resíduos sólidos no meio ambiente e é vista como uma tendência mundial no reaproveitamento desses produtos, reduzindo a quantidade de matéria prima nova utilizada, água e energia para a fabricação de novos produtos plásticos, sendo que para 1 (uma) tonelada de plástico reciclado, poupa-se centenas de litros de petróleo, sem contar que os pontos de coleta e postos de separação destes materiais geram milhares de empregos (NALINI et al., 2016).

Existem soluções, ainda pouco aplicadas, para reduzir o tempo de permanência destes materiais plásticos na natureza, são os chamados biopolímeros, polímeros verdes e os polímeros biodegradáveis, onde são elementos importantes para a sustentabilidade, pois são provenientes de fontes renováveis (PEREIRA et al., 2013).

Vaz et al. (2011) se referem à Produção mais Limpa (P+L) como sendo uma ferramenta para o fortalecimento da qualidade, produtividade e sustentabilidade dentro dos processos de fabricação. Objetivamente consiste em avaliar alguns possíveis efeitos negativos do processo de produção nas indústrias, a fim de reduzir os desperdícios e minimizar a geração de poluentes (VIEIRA, 2016), não somente nos processos produtivos, mas também no pós-consumo.

Considerando essa conjuntura, este trabalho aborda o conceito de Produção mais Limpa visando a substituição de embalagens do setor alimentício – provenientes do petróleo – para embalagens mais sustentáveis, constituídas de biopolímeros e polímeros biodegradáveis, que apresentam tempos de decomposição muito menores do que os das atuais embalagens, bem como identificar empresas pioneiras nessa área.

2. Embalagens plásticas

O material plástico possui grande versatilidade estando presente em vários segmentos industriais. Suas diversas aplicações vão de tubos em PVC para a construção civil, garrafas em PET para o mercado de bebidas e diversas peças para a indústria automotiva. Segundo a ABIPLAST a divisão dos segmentos industriais que utilizam material plástico se dá conforme exposto na Figura 1.

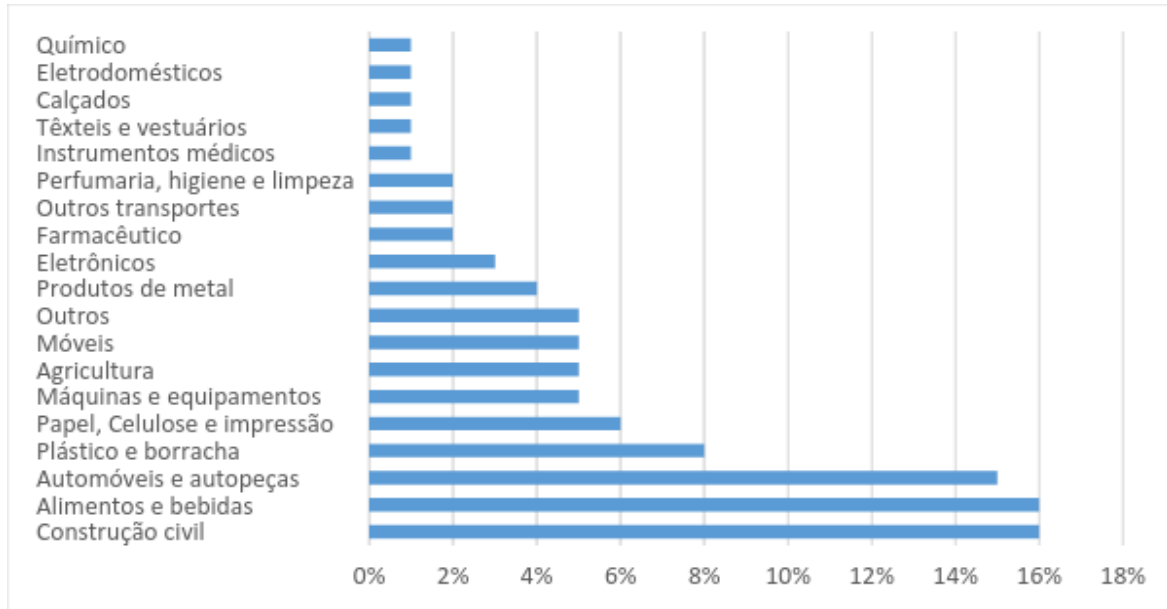


Figura 1 – Principais setores consumidores de Transformados Plásticos (ABIPLAST, 2015)

Verifica-se que os maiores consumidores deste material são as áreas da construção civil e alimentos e bebidas, seguidas pelo setor de automóveis e autopeças.

As embalagens no setor alimentício tem como função e objetivo a proteção do produto durante o transporte, armazenagem, conservação, evitar a exposição do item no seu interior a gases, calor, umidade, luminosidade, ataques biológicos, sujeiras, entre outros, bem como trazer dados relevantes para o consumidor, como informações nutricionais, peso, composição, prazo de validade e a forma correta da utilização do produto, sendo também uma das formas de convencer o cliente a comprar o referente item (FONTOURA, CALIL, CALIL, 2016; SHAH et al., 2008).

De acordo com a Resolução – RDC Nº 259, de 20 de setembro de 2002, as embalagens são definidas como o recipiente, o pacote ou a embalagem destinada a garantir a conservação e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos. (LANDIM et al., 2016; ANVISA, 2002).

Entre as indústrias, há poucas que utilizam embalagens provenientes de fontes sustentáveis, como por exemplo os materiais reciclados, e na grande maioria, a opção para a escolha deste tipo de embalagens é mais uma estratégia de *marketing* do que a preocupação na utilização de matérias primas sustentáveis e/ou renováveis com reduzido tempo de degradação (LANDIM et al., 2016).

Com a grande produção e o aumento da utilização de plásticos, também tem-se um aumento considerável na quantidade de volume de resíduos deste material, o que consequentemente gera impacto ambiental, pois no atual cenário social, principalmente nas grandes metrópoles, é comum presenciar o descarte inapropriado de embalagens, sendo que um dos motivos, é pela falta de consciência da população e outro pela ineficiência dos sistemas de coleta de lixo

urbano. Geralmente este descarte incorreto em ruas, matas, rios, etc., pode ser o causador de inundações e propagação de doenças (LANDIM et al., 2016; PEREIRA et al., 2013).

A reciclagem é essencial para minimizar o impacto ambiental gerado pelo plástico, porém isso somente quando este é descartado de forma correta, sendo realizado a coleta seletiva e/ou triagem. Quando descartados em lixões ou mesmo “perdidos” na natureza, demora-se séculos para a sua decomposição (PEREIRA et al., 2013). Calcula-se que para 25 toneladas de material reciclável pode ser fabricado 20 toneladas de produtos novos com a mesma composição (SANTOS, 2017).

Os plásticos mais comumente empregados em embalagens são o polietileno (PE), polipropileno (PP), politereftalato de butileno (PBT), poliestireno (PS), cloreto de polivinilo (PVC), poliuretano (PUR), politereftalato de etileno (PET), nylons (SHAH et al., 2008).

Tendo a consciência de que os polímeros provenientes de matéria prima fóssil demandam um alto tempo para a sua degradação, assim como a conscientização ambiental tão difundida nos dias atuais e com muitas novas regulamentações e leis, indicam o foco e a direção para que as indústrias busquem soluções mais sustentáveis de produção e resíduos pós-consumo, especificamente nas embalagens plásticas com vida útil mais reduzida (MACEDO, 2015; SHAH et al., 2008).

3. Os polímeros biodegradáveis

Biopolímero é a denominação atribuída aos polímeros produzidos a partir de matérias-primas oriundas de fontes renováveis, como a cana-de-açúcar, milho, celulose, entre outras (PEREIRA et al., 2013).

Pessanha (2016) cita em sua obra dados da Sociedade Nacional de Agricultura (2012) que remetem aos principais biopolímeros produzidos no Brasil, tais como: Polímero de amido (produzido com matérias primas a exemplo do milho, da mandioca, da batata ou do trigo), Polilactatos (produzido a partir do ácido láctico liberado pelas bactérias), Polihidroxialcanoato (produzido por bactérias que se alimentam de cana-de-açúcar, milho e óleo vegetal).

A biodegradação é o processo pelo qual as substâncias orgânicas são decompostas pelos microrganismos. O material orgânico pode ser degradado de forma aeróbica, com a presença de oxigênio, ou anaerobicamente, sem oxigênio. Um termo utilizado para a biodegradação é a biomineralização, em que a matéria orgânica é convertida em minerais (SHAH et al., 2008).

Ocorre também a liberação de dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e o restante transforma-se em biomassa, servindo como adubo natural. Quando os biopolímeros são transformados nesses subprodutos, não liberando nenhum tipo de agente nocivo para o meio ambiente, pode-se considerar como um produto biodegradável (MACEDO, 2015).

Os Microrganismos responsáveis pela degradação dos biopolímeros e outros tipos de polímeros, são as bactérias e fungos (SHAH et al., 2008 ; GU et al., 2000), que se utilizam destes produtos como fonte de comida, e liberando para o ambiente os subprodutos descritos acima, sendo que esta biodegradação é realizada de forma diferenciada dependendo do tipo de solo e das condições climáticas (SHAH et al., 2008).

A celulose é um biopolímero em abundância no planeta, sendo o principal componente das paredes celulares das plantas, porém de difícil decomposição enzimática. Os microrganismos (fungos e bactérias) e até mesmo alguns animais, produzem a celulase, uma enzima capaz de decompor a celulose (POVOA, 2017). A celulose é o biopolímero mais estudado pela ciência,

sendo o composto orgânico mais importante e de maior quantidade no ambiente terrestre (POVOA, 2017; KOECK et al., 2014; BAYER et al., 1998)

Ainda hoje, a extração de biopolímero da celulose é um grande desafio e necessita de uma profunda investigação. É interessante que as instituições mundiais dessem ênfase e apoio no desenvolvimento desta tecnologia (MACEDO, 2015).

Substituindo os polímeros de origem fósseis pelos biodegradáveis, significa de que este produto chegará no fim de vida e não gerará poluição a longo prazo para o meio ambiente, uma vez que sua decomposição é muito mais rápida do que os polímeros comumente conhecidos (PEREIRA et al., 2013).

De acordo com a *World Commission on Environment and Development – WCED* (Comissão Mundial do Meio-Ambiente e Desenvolvimento), os biopolímeros, pelas suas características, estão inseridos no conceito de sustentabilidade, o qual enfatiza que um desenvolvimento sustentável é todo aquele que supre as atuais necessidades, sem comprometer as gerações futuras de poderem atenderem às suas necessidades (BRITO et al., 2011; OMER 2008).

Os biopolímeros e os polímeros biodegradáveis também podem ser chamados de polímeros compostáveis, uma vez que a norma ASTM D6400 define como compostáveis aqueles materiais que passam por degradação biológica, produzindo CO₂, H₂O e biomassa, sendo um processo de decomposição similar a outros tipos de materiais orgânicos, não deixando resíduos visíveis e devendo seguir padrões legais para a compostagem destes biopolímeros (PEREIRA et al., 2013).

4. Produção mais Limpa (P+L)

O surgimento da tecnologia da Produção mais Limpa (P+L) no Brasil, veio através do incentivo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que através do conceito de tecnologia limpa, trouxe o conhecimento para que ocorresse sua aceitação nas indústrias. A P+L é um grande exemplo de que os recursos naturais podem ajudar para com o desenvolvimento sustentável. Um dos meios de economia é reduzir a poluição através do uso inteligente de matéria prima (FERNANDES et al., 2016).

As empresas que estão atuando no ramo de reciclagem de polímeros no Brasil, mesmo por estarem trabalhando em uma área que traz benefícios ao meio ambiente, além do compromisso de considerar a ideia de que seu processo de reciclagem de materiais não pode ser esquecido, devendo a empresa ser ecologicamente correta em todos os âmbitos de pertinência, atendendo as exigências ambientais do governo e da população (FARIA e PACHECO, 2009).

A tecnologia de P+L vem para combater diretamente, a de Fim-de-Tudo que tem como o seu propósito resolver os prejuízos da poluição apenas no fim do processo, sem combater a raiz do problema (GOMES, LIMA e FRANCO, 2016), pois a P+L agrega valor em seus produtos e serviços, com a redução do consumo de recursos naturais e poluentes, prevenindo na fonte ao invés de fazer isso só no final do processo (SILVA, MORAES e MACHADO, 2015).

Para gerar economia na energia, água, minimizar a geração de resíduos e emissões na fonte, a ferramenta Produção mais Limpa (P+L) é uma boa opção para que as empresas sejam menos nocivas ao meio ambiente e para reduzir seus gastos tanto com energia quanto com água (FARIA e PACHECO, 2009).

A gestão da P+L vem com um embasamento na abordagem de prevenção nos processos, produtos e serviços. Tendo como um breve resumo, toma como base alguns procedimentos (FERNANDES et al., 2016):

- a) Processos de Produção – conservar as matérias-primas e a energia, reduzindo a quantidade e a toxicidade das emissões de resíduos e eliminando todas as que são tóxicas.
- b) Produtos – através de um design adequado do produto, reduzir os impactos negativos ao longo ciclo de vida do produto, contando desde o início da extração da matéria-prima até a sua disposição final.
- c) Serviços – trazer para os projetos e o fornecimento de serviços as preocupações ambientais.

Segundo Faria e Pacheco (2009, p.2-3) existem algumas medidas a serem aplicadas com a ferramenta do P+L, que são:

- Mudança de matérias-primas: redução, substituição ou eliminação de materiais perigosos ou de difícil reciclagem;
- Mudança tecnológica: modificações do processo ou do equipamento, troca de layout de produção ou uso de automação. Envolve planejamento e análise financeira;
- Práticas de gerenciamento: técnicas voltadas para o housekeeping (arrumação da casa), sendo de fácil implementação e que levam a resultados imediatos;
- Mudanças no produto: mudanças nos padrões de qualidade, na composição ou na durabilidade, sempre buscando sua melhor produção, utilização e disposição;
- Reuso e reciclagem: retorno de um material residual para o processo que o originou ou como material de entrada para outro processo.

Nesse sentido, pode-se visualizar que o embasamento da P+L na área de produtos que trabalha diretamente com o *design* de produtos e de algumas de suas principais ferramentas utilizadas na tecnologia do P+L, onde entram as mudanças de matérias-primas, mudanças no produto e no reuso e reciclagem, podem ser aplicados com o uso de biopolímeros, para a redução de poluentes no meio ambiente bem como utilizar uma matéria prima reciclável no início do processo.

Deve-se dar especial atenção para uma nova gama de produtos que possa vir a substituir substâncias reconhecidas como poluidoras. Feito isso, deve ser feito o fornecimento de informações palpáveis sobre o potencial poluidor desses materiais, que o produto ou a embalagem possuem, de uma forma que não venha representar novas ameaças à natureza (FERNANDES et al., 2016).

5. Mercado dos biopolímeros

Machado et al. (2012) em sua obra, apresenta dados relevantes sobre o mercado mundial das empresas que têm registro de patentes sobre tipos de polímeros biodegradáveis ou afins, utilizando dados compilados do acervo de patentes da Espacenet e publicadas em mais de 80 países, utilizando palavras chave diferentes, conforme mostra a Tabela 1.

Palavras Chave	Nº de patentes depositadas no portal Espacenet
Biofilm	613
Biodegradável	24.631
Amido	61.438
Filme e amido	3.149
Filme e biodegradável	2.188
Biodegradável e amido	1.887
Polímero e biodegradável	6.793
Polímero e biodegradável e filme	604
Filme e biodegradável e amido	259
Embalagem e Biodegradável	231
Embalagem e biodegradável e amido	51
Matriz e polimérica e incorporadora e aditivos	728
Filme e biodegradável e glicerol e amido	10

Fonte: Adaptado do Machado et al., 2012.

Tabela 1 – Pesquisa de palavras chave por patentes

Ainda em seu trabalho, Machado et al. (2012), mostra que os países que mais possuem patentes em embalagens biodegradáveis são os Estados Unidos, Japão e Alemanha, respectivamente. Frente a essa realidade, o Brasil se posiciona numa situação incômoda, frente as pouquíssimas patentes de embalagens biodegradáveis registradas em seu território, como mostra a Figura 2.

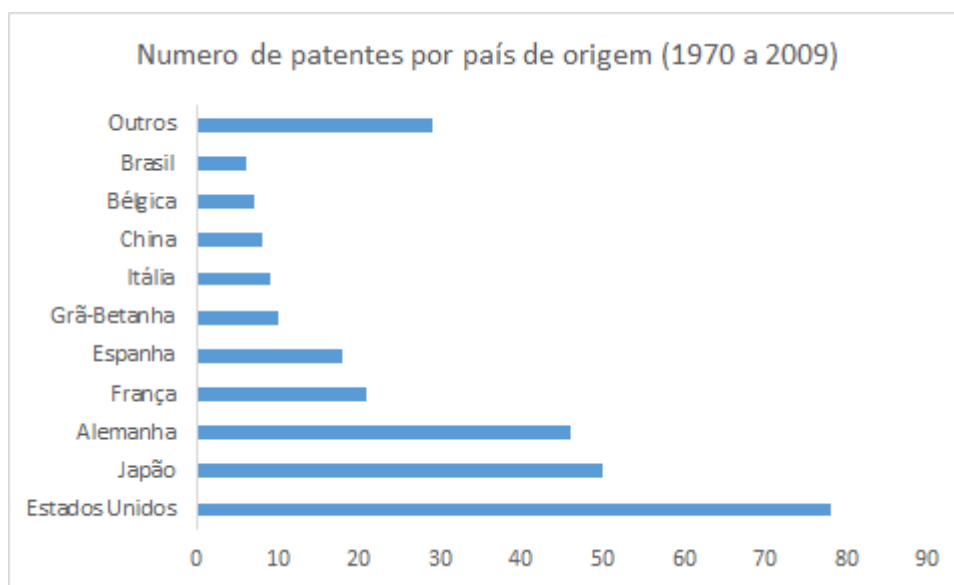


Figura 2: Número de registro de patentes por país de origem entre 1970 a 2009 – Adaptado de Machado et al., 2012.

Países como China e Rússia estão num patamar próximo ao do Brasil neste quesito, porém cerca de 60% das patentes brasileiras são de inventores externos ou não residentes (MACHADO et al., 2012).

Apesar do Brasil não ser renomado pelo desenvolvimento de tecnologias para a produção de polímeros biodegradáveis, em 2017 foi criado um projeto de lei que obriga as empresas de produtos industrializados a usarem somente plásticos biodegradáveis. A proposta altera a Lei

nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. O que mostra que a preocupação com os lixos poliméricos, principalmente das embalagens alimentícias, vêm se tornado assunto de pauta entre os políticos brasileiros, refletindo uma demanda da sociedade (SENADO NOTÍCIAS, 2017).

5.1. Mercado nacional dos biodegradáveis

No Brasil, empresas como a ResBrasil, contam com tecnologia d2w™ (certificado pela ABNT, OPA e IDEAIS), que é originada do Etanol extraído da cana. A empresa cita que este produto não é considerado plástico, uma vez que sua estrutura é cheia de oxigênio, se tornando tão biodegradável como a folha de árvore. Além de tudo é livre de metais pesados, evita a poluição prolongada por causa do descarte incorreto, dependendo do ambiente em que se encontra e da espessura do filme, pode ser até 200 vezes mais rápido para se decompor do que os polímeros comuns e podem ser utilizados em sacos e sacolas, copos e pratos, bandejas, talheres, frascos, tampas entre outros (RESBRASIL, 2017).

Outra tecnologia oferecida pela ResBrasil é o Pluft & Pronto, um plástico totalmente solúvel em água, produzido a partir do álcool polivinílico, sendo assim hidrossolúvel, compostável e biodegradável (atendendo as normas da ABNT 15448-2, EN 13432 e ASTM 6400), sendo que a velocidade de decomposição é de acordo com a temperatura da água no local (RESBRASIL, 2017).

A empresa brasileira CBPAK também oferece produtos de embalagens biodegradáveis e compostáveis, onde é focada no desenvolvimento, pesquisa e fabricação destes itens e tem sua missão com foco em “ser uma empresa líder e reconhecida na industrialização e comercialização de produtos biodegradáveis de matéria-prima renovável”. Seu principal produto é o copo descartável feito a partir da fécula de mandioca que, quando descartado em processo de compostagem, se dissolve em até 90 (noventa) dias, onde se transformam em terra vegetal, servindo como adubo para novos plantios (CBPAK, 2017).

Empresas como a Biomater, mantém vínculos com instituições de ensino superior de renome no Brasil, e essa parceria entre universidade-empresas auxilia o desenvolvimento geral da sociedade, onde todos ganham, pois juntos fazem pesquisa e elaboram novos produtos e aplicações de polímeros biodegradáveis. As resinas Bioplast, oferecidas pela empresa, são bioplásticos provenientes de fontes renováveis, com o ácido polilático (PLA) e a fécula de batata, sendo 100% biodegradáveis e compostáveis, seguindo os critérios exigidos pelas normas EN 13432, ASTM 6400, ABNT 15448-1 e ABNT 15448-2 (BIOMATER, 2017).

A Copobras é uma das empresas brasileiras pioneiras no mercado de embalagens biodegradáveis, entra agora no mercado com bandejas de congelados, que podem e devem ser reciclados, mas se descartados de forma errônea, podem ficar até dezesseis anos no meio ambiente (NOTISUL, 2017). Tempo este muito reduzido frente aos polímeros de origem fóssil. Outro produto são os copos descartáveis, aos quais são acrescentados aditivos ao material, permitindo a decomposição do copo em até 3 anos (COPOBRAS, 2017).

Apesar de existirem poucas empresas com esse tipo de tecnologia no Brasil, as que já estão no mercado se mostram fortes neste segmento, e todas buscam melhorias e formas de ingressar com maior peso no mercado.

6. Considerações finais

O fator motivador deste estudo foi a necessidade premente da redução da quantidade de resíduos gerados pelo homem, considerando o tempo de permanência desses materiais na natureza, antes de sua total degradação.

Com foco nas embalagens de alimentos, a pesquisa abordou princípios da Produção mais Limpa como embaixadores para a aplicação de opções de mitigação para as quantidades alarmantes desses resíduos no meio ambiente.

Nessa conjuntura, embalagens constituídas por materiais biopolímeros e polímeros biodegradáveis apresentam-se como alternativa plausível, haja vista a expressiva redução no tempo de degradação dos mesmos, quando comparados aos materiais plásticos mais comumente utilizados em embalagens de alimentos.

Como visto, as matérias primas dos biopolímeros e dos polímeros biodegradáveis são em sua maioria de origem vegetal, as quais, em se plantando sempre haverá matéria prima à disposição, além do fato de a decomposição se tornar algo natural, sem agressão ao meio por longos períodos de tempo, sendo os produtos decompostos por microrganismos e transformando seus resíduos em CO₂, H₂O e húmus, podendo ser utilizados na adubação do solo.

Ainda é um desafio para que as indústrias forneçam embalagens deste tipo em maior escala, uma vez que se deve investir em mais pesquisa e desenvolvimento, a fim de proporcionar a concepção de processos produtivos mais competitivos economicamente.

Nesse sentido, as parcerias entre universidade e iniciativa privada apresentam-se como alternativa para superar essas barreiras, unindo pesquisa e desenvolvimento de produtos que agredam menos ao meio ambiente e sendo viáveis técnica, econômica e ambientalmente, tornando as embalagens de alimentos mais sustentáveis.

Dessa forma, enfatiza-se a relevância do tema do presente estudo para a sociedade, buscando contribuir com a área acadêmica e industrial, no sentido da disseminação e incentivo à pesquisa em tecnologias portadoras de futuro.

Referências

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. *Perfil 2014: Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico*. 2015. Disponível em:

<http://file.abiplast.org.br/download/links/2015/perfil_abiplast_2014_web.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2015.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução—RDC. N 259 de 20 de setembro de 2002*. Regulamento técnico sobre rotulagem de alimentos embalados.

BAYER, E. et al. *Cellulose, cellulases and cellulosomes*. Current Opinion in Structural Biology, [s.l.], v. 8, p.548-557, 1998.

BIOMATER. *Soluções para um futuro próspero e sustentável*. Disponível em: <<http://www.biomater.com.br/>>. Acesso em: 12 set. 2017.

BRITO, G. F. et al. *Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes*. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.

CALLISTER, William. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. Grupo Gen-LTC, 2000.

CBPAK. *Quem somos*. Disponível em: <<http://cbpak.com.br/>>. Acesso em: 12 set. 2017.

COPOBRAS. *Produtos / Descartáveis*. Disponível em:

<<http://www.copobras.com.br/pt/produtos/descartaveis/oxibiodegradavel>>. Acesso em: 04 set. 2017.

FARIA, Flávia Pinheiro; PACHECO, E. B. A. V. *Aplicação da ferramenta produção mais limpa na reciclagem de plástico*. In: 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production. 2009. p. 1-9.

FERNANDES, José Luiz et al. *A metodologia de Produção mais Limpa na gestão ambiental*. Projectus, v. 1, n. 1, p. 18-23, 2016.

FONTOURA, Denize Rocha Santos; CALIL, Ricardo Moreira; CALIL, Ercilia Maria Borgheresi. *A importância das embalagens para alimentos-aspectos socioeconômicos e ambientais.* Atas de Saúde Ambiental-ASA (ISSN 2357-7614), v. 4, n. 1, p. 138-160, 2016.

GOMES, Luvânia Dias; LIMA, Leonardo Bezerra; FRANCO, Eldelita Aguida Porfirio. *Gestão ambiental corporativa: análise da aplicação da metodologia de Produção mais Limpa (P+L).* e-xacta, v. 9, n. 2, p. 83-100, 2016.

GU, J.D. et al. *Microbial corrosion of metals W. Revie (Ed.), The Uhlig Corrosion Handbook(2nd Edition),* Wiley, New York (2000), pp. 915-927

KOECK, Daniela e et al. *Genomics of cellulolytic bacteria.* Elsevier: ScienceDirect, [s.l], v. 29, p.171-183, ago. 2014 .

LANDIM, Ana Paula Miguel et al . *Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil.* Polímeros, São Carlos , v. 26, n. spe, p. 82-92, 2016 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282016000700013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 Set. 2017.

MACEDO, Maria João Mano Fernandes. *Produção de bioplásticos a partir de agro-resíduos.* 2015. Dissertação de Mestrado (Mestrado Integrado em Engenharia de Materiais) – Universidade do Minho, 2015.

MACHADO, Bruna Aparecida Souza et al. *Tendências tecnológicas de embalagens biodegradáveis através da prospecção em documentos de patentes.* Cadernos de Prospecção, v. 5, n. 3, p. 132, 2012.

NALINI, José Eduardo et al. *Mercado de reciclagem do lixo no Brasil: entraves ao desenvolvimento.* Novas Edições Acadêmicas, 2016.

NOTISUL. *Empresa da região Sul lança primeira linha de produtos EPS biodegradáveis do mundo.* Disponível em:< <https://www.notisul.com.br/2017/07/27/empresa-da-regiao-sul-lanca-primeira-linha-de-produtos-eps-biodegradaveis-do-mundo/>>. Acesso em: set. 2017.

OMER, A. M. *Energy, environment and sustainable development.* Renewable and Sustainable Energy Reviews. V.12, n.9, 2008

PEREIRA, Camila Giotto et al. *Estudo de Novos Polímeros Biodegradáveis para a Aplicação no Segmento de Utilidades Domésticas.* In: Congresso de Pesquisa e Extensão da Faculdade da Serra Gaúcha. 2013.

PESSANHA, Kênia Letícia Ferreira. *Polímeros biodegradáveis adicionados de nanopartículas como embalagem para alimentos.* [TCC - Especialização]. Rio de Janeiro: Instituto de Tecnologia em Fármacos/Farmanguinhos, Fundação Oswaldo Cruz, 2016.

POVOA, Robson de Oliveira. *Análise de biblioteca genômica de acidobactéria contendo genes envolvidos na degradação de celulose.* 2017. 27 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2017.

RESBRASIL. *Embalagens plásticas inteligentes.* Disponível em: <<http://www.resbrasil.com.br/embalagens-plasticas-inteligentes/>>. Acesso em: 12 set. 2017.

SANTOS, Fábio Ferreira. *Identificação de oportunidades de Produção Mais Limpa em uma cooperativa de reciclagem de plásticos na cidade de Sorocaba-SP.* 2017. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, 2017..

SENADO NOTÍCIAS. *Projeto obriga indústria a utilizar apenas plástico biodegradável.* Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/audios/2017/08/projeto-obriga-industria-a-utilizar- apenas-plastico-biodegradavel>>. Acesso em set. 2017.

SHAH, Aamer Ali et al. *Biological degradation of plastics: a comprehensive review.* Biotechnology advances, v. 26, n. 3, p. 246-265, 2008.

SILVA, André Luiz Emmel; MORAES, Jorge André Ribas; MACHADO, Ênio Leandro. *Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa.* Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 20, n. 1, p. 29-37, Mar. 2015 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000100029&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 Set. 2017.

VAZ, C. R. et al. *Conceitos e metodologias para um mundo sustentável: uma reflexão da PL, P+L e produção enxuta.* GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas (Online), v. 1, p. 83-99, 2011.



VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 06 a 08 de dezembro de 2017

VIEIRA, Letícia Canal. *Barreiras e fatores críticos de sucesso relacionados à aplicação da produção mais limpa no Brasil.* 2016. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.