

Bioplásticos e plásticos biodegradáveis surfando a sexta onda: um estudo sobre a ecoeficiência

JOSENICE MARIA GUSMÃO AMORIM MASCARENHAS
UNIVERSIDADE SALVADOR

BIOPLÁSTICOS E PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS SURFANDO A SEXTA ONDA: um estudo sobre a ecoeficiência

1 INTRODUÇÃO

O século XX caracterizou-se pelo uso intensivo dos plásticos, que surgiram como uma solução técnica e economicamente viável para fabricação dos mais variados tipos de utensílios e embalagens, pelo fato de terem baixo custo, serem inertes e, ao mesmo tempo, leves e resistentes. Atualmente, são considerados vilões, quer pelo fato de sua principal matéria-prima ser o petróleo (recurso considerado não renovável por levar milhares de anos para ser formado), quer por sua destinação pós-consumo, frequentemente, ser inadequada, resultando em grande impacto ambiental.

Para enfrentamento dessas problemáticas, observa-se um esforço para “esverdear” os plásticos através das eco-inovações, tanto pela substituição do petróleo por matérias-primas renováveis quanto pelo desenvolvimento de formas biodegradáveis, visando torná-los ecoeficientes. Vale destacar, no entanto, que os diversos tipos de bioplásticos e plásticos biodegradáveis, possuem propriedades e impactos ambientais diferentes.

Assim, o objetivo desse estudo é comparar a ecoeficiência das eco-inovações difundidas através dos bioplásticos e dos plásticos biodegradáveis, a partir das suas características e dos impactos pós-consumo. A relevância desse estudo reside na contribuição para o entendimento dos reais benefícios e impactos dos diferentes tipos de plásticos que estão surfando à sexta onda: as eco-inovações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ECO-INOVAÇÕES

As inovações são a mola propulsora do desenvolvimento e decorrem de um processo denominado “destruição criadora”, através do qual novas tecnologias substituem as antigas (SCHUMPETER, 1934 apud FINEP, 2005, p. 36). As inovações ocorridas ao longo dos últimos 200 anos foram representadas por Schumpeter como “ondas”, que promoveram grandes transformações econômicas, sociais e ambientais. O século XXI está surfando a sexta onda, caracterizada, principalmente, pelo foco na sustentabilidade, na produtividade radical dos recursos, na biomimética, na química verde, na ecologia industrial e nas energias renováveis (ECO-INNOVATION OBSERVATORY, 2013, p.32).

A sustentabilidade (SS) dos processos, produtos e serviços é alcançada pelo equilíbrio entre três pilares: econômico, social e ambiental (DIAS, 2014), ou seja, através da redução do consumo de

recursos, da satisfação das necessidades humanas e da redução do impacto ambiental. A produtividade radical dos recursos (PRR) relaciona-se à redução do desperdício, à transformação de resíduos em matéria-prima, à substituição de materiais, à redução do consumo de água e energia e à otimização dos recursos logísticos (SMERALDI, 2009). A biomimética (BM) tem como foco “[...] a aplicação de sistemas e métodos biológicos encontrados na natureza [...]” (SMERALDI, 2009, p. 43) como inspiração para o desenvolvimento de novos produtos e serviços. A química verde (QV), por sua vez, tem como objetivo criar tecnologias capazes de gerar produtos e desenvolver processos químicos capazes de reduzir ou eliminar tanto a utilização quanto a geração de substâncias tóxicas (TUNDO et al, 2000 apud PRADO, 2003, p.738).

Outro foco da sexta onda é a ecologia industrial (EI), consistindo em "um sistema de sistemas", que vincula várias produções em sistemas de circuito fechado em um fluxo circular de recursos, de modo que os efluentes e resíduos de um sistema são usados como entrada em outro sistema (OCDE, 2009), através da promoção da simbiose industrial. No que diz respeito às energias renováveis (ER), consideram-se “[...] aquelas obtidas a partir de fontes naturais capazes de se regenerar em prazo compatível com um uso contínuo” (SMERALDI, 2009, p.174), como por exemplo a energia solar e eólica, bem como aquela obtida a partir da biomassa.

As eco-inovações implicam sobretudo na mudança de paradigma da economia linear (extração/processamento/consumo/descarte) para a economia circular (extração/processamento/consumo/reciclagem), reorientando o sistema econômico para a sustentabilidade (DIAS, 2014).

O compromisso com a redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE) proposto pelo Acordo de Paris, celebrado em dezembro de 2015, durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), representa um grande desafio para os 195 países membro da Organização das Nações Unidas (ONU), mas também uma grande oportunidade para o alcance do desenvolvimento de fato sustentável. As Partes, que firmaram o Acordo de Paris, reconhecem “[...] que a adoção de estilos de vida sustentáveis e padrões sustentáveis de consumo e produção, desempenha um papel importante no combate à mudança do clima [...]” (ONU, 2015, p.1), que constitui uma ameaça global (ONU, 2015, p.1).

Os principais GEE, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), presentes, naturalmente, na atmosfera do Planeta Terra são essenciais para mantê-lo aquecido, porque deixam passar as radiações solares de ondas curtas e retêm as infravermelhas, caso contrário o Terra seria muito fria, inóspita para se viver (BARBIERI, 2007). No entanto, o aumento da concentração dos GEE decorrente das emissões antrópicas, nos últimos anos, tem excedido a capacidade de absorção dos mesmos pelos sistemas naturais, como, por exemplo, através da fotossíntese, o que tem provocado um sobreaquecimento global e, conseqüentemente, alterações significativas no clima.

As emissões antrópicas dos GEE decorrem, principalmente, da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), assim como da decomposição anaeróbica da matéria orgânica degradável (lixões e resíduos das atividades agropecuárias) e da aplicação de fertilizantes nitrogenados (DIAS, 2002), mas também “[...] da destruição de florestas e outros ‘sumidouros’ e ‘reservatórios’ naturais que absorvem dióxido de carbono no ar” (MACHADO FILHO, 2017, p.13). Observa-se que as fontes de emissões decorrem de atividades cotidianas, portanto completamente incorporadas ao estilo de vida e padrão de produção atuais.

O Custo Social do Carbono é definido pela Plataforma Empresas pelo Clima (2016, p.6) como “[...] os custos estimados dos prováveis impactos das emissões de GEE da empresa sobre o bem-estar humano, para subsidiar avaliações sobre as consequências das ações da empresa para outros atores, que representam as externalidades da organização”. O fato é que os impactos ambientais sempre foram considerados externalidades, principalmente, nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. As eco-inovações, portanto, implicam no uso de novas tecnologias capazes de tornar os produtos mais ecoeficientes ao longo do seu ciclo de vida (desde a aquisição da matéria-prima até a disposição final dos resíduos ou a sua reintrodução no processo produtivo).

2.2 ECOEFICIÊNCIA

Ecoeficiência, termo criado em 1992 pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), é uma estratégia de gestão com o objetivo de minimizar o impacto ambiental na produção de bens e serviços (BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT PORTUGAL (BCSD), 2013). Para o WBCSD (2006, p.3),

[...] a ecoeficiência é alcançada pela entrega de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, enquanto progressivamente reduz os impactos ecológicos e a intensidade de consumo de recursos ao longo do ciclo de vida para um nível em linha com a capacidade estimada de suporte da Terra.

Para alcançar esses objetivos, o WBCSD (2001) identificou sete aspectos que podem contribuir para a ecoeficiência:

- a) redução do consumo de materiais para a produção de bens e serviços;
- b) redução na quantidade de energia utilizada para a produção de bens e serviços;
- c) redução da dispersão de substâncias tóxicas;
- d) aumento da reciclabilidade dos materiais;
- e) utilização de recursos renováveis;
- f) prolongamento do ciclo de vida (durabilidade) dos produtos;

g) agregação de valores aos bens e serviços.

Ressalta-se, no entanto, que nem sempre é possível conciliar todos aspectos, inclusive, nem todos são aplicáveis concomitantemente a todos os produtos, processos e serviços.

As tendências, que surfam a sexta onda, são a adoção da sustentabilidade, a química verde, a produtividade radical dos recursos, a ecologia industrial e a biomimética. Esse esforço tem sido observado na indústria dos plásticos com o surgimento de uma grande variedade de bioplásticos e plásticos biodegradáveis.

2.3 BIOPLÁSTICOS E PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS

Tradicionalmente, o plástico é produzido a partir de derivados do petróleo, e caracteriza-se por ser um material inerte e não biodegradável, resultando assim em um grande problema ambiental quando descartado incorretamente, visto que pode levar mais de uma centena de anos para se degradar (MAGRINI et al, 2012). Por outro lado, é um material versátil, leve, resistente, reutilizável, reciclável e de baixo custo, o que o torna atraente para grande número de aplicações, desde a fabricação de embalagens até peças e partes de componentes da indústria aeroespacial.

Para tornar o plástico um produto ecoeficiente, há um esforço para desenvolver eco-inovações capazes de diminuir seu impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida através da substituição de matérias-primas e/ou da combinação de materiais, tornando-os degradáveis.

Os bioplásticos, também denominados plásticos verdes, são produzidos “[...] a partir de matérias-primas de fontes renováveis” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (ABNT), 2008, p.1), portanto podem ser produzidos a partir do milho, da cana de açúcar, entre outros. No Brasil, o plástico verde caracteriza-se pela substituição do eteno derivado do petróleo pelo obtido a partir do etanol, produzido a partir da cana de açúcar (BRITO et al, 2011). O plástico verde mantém as mesmas propriedades físico-químicas do plástico derivado do petróleo, portanto não é biodegradável, porém é reciclável (MAGRINI et al, 2012). Vale destacar que o processo de reciclagem pode consumir até 43% menos energia que a produção de um plástico virgem (DODBIBA et al, 2008 apud MAGRINI et al, 2012, p. 96), o que constitui uma grande vantagem em termos de eficiência energética.

Já os plásticos biodegradáveis, que possuem como característica a degradação a partir da ação de micro-organismos naturais, tais como bactérias, fungos e algas (ASTM, 2004 apud BRITO et al, 2011, p.128), podem ser obtidos ou a partir de derivados do petróleo, ou de fontes naturais renováveis (milho, cana de açúcar, etc), ou de derivados de fonte animal (quitina, quitosana ou proteínas) (MOHANTY et al, 2005 apud BRITO et al, 2011, p.128), ou, ainda, da combinação entre amido

(derivado do milho, arroz ou mandioca) com derivados petroquímicos, denominados plásticos hidro-biodegradáveis (ECOSIGMA, 2011).

O processo de biodegradação pode ocorrer tanto na presença de oxigênio (aeróbico) ou na ausência (anaeróbico) (ABNT, 2008), o que implica em impactos ambientais diferentes. A biodegradação aeróbica, típica dos plásticos compostáveis, resulta em CO₂, água (H₂O) e biomassa (adubo). Já a biodegradação anaeróbica, que ocorre nos plásticos hidro-biodegradáveis, através da ação da água, resulta em CO₂, H₂O, biomassa (adubo) e em quantidades significativas de CH₄ (BASTIOLI, 2005, p.3-4), gás de efeito estufa 21 vezes pior que o CO₂ (BARBIERI, 2007).

Os plásticos oxi-biodegradáveis são derivados do petróleo (poliolefinas e materiais estirênicos), produzidos com a adição de um catalisador (pró-degradante) à base de metais pesados como Manganês (Mn), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Níquel (Ni) e Césio (Ce), que acelera o processo de oxidação, degradando o plástico, (ECOSIGMA, 2011) e resultando tanto na emissão de CO₂ quanto de CH₄ (MAGRINI et al, 2012).

Há ainda outros tipos de plásticos produzidos a partir de fontes renováveis: os foto-biodegradáveis, que se biodegradam duas vezes mais rápido sob a ação da luz do que os plásticos biodegradáveis derivados do petróleo, e os amidos termoplásticos, que são produzidos a partir de polissacarídeos obtidos a partir do milho, arroz ou mandioca, e são compostáveis (ABNT, 2008). O fato é que, dependendo do foco da tecnologia adotado pelas diferentes eco-inovações, os bioplásticos e os plásticos biodegradáveis produzem diferentes impactos ao longo dos seus ciclos de vida, quer pela composição da matéria-prima (renovável ou não), quer pelo processo de destinação final (reciclável ou degradável), quer pela toxicidade dos seus componentes.

3 METODOLOGIA

Esse estudo de natureza exploratória foi delineado na forma de pesquisa bibliográfica. A partir da literatura disponível foram identificadas as características dos bioplásticos e dos plásticos biodegradáveis para avaliar o impacto dessas eco-inovações na ecoeficiência desses materiais, que são ignorados por boa parte dos indivíduos.

Para tanto foi construído um modelo de análise apresentado na figura 1, utilizando os sete aspectos indicados pela WBCSD (2001). O atendimento ou não dos critérios propostos estão indicados por: atendimento ao requisito (S) e não atendimento (N). Apenas para o critério utilização de recursos renováveis há a indicação da utilização de recursos de fontes mistas (M): renováveis e não renováveis.

Figura 1_Modelo de análise

Aspecto avaliado	Critério de avaliação
Redução do consumo de materiais para a produção de bens e serviços.	Reduz (S) e não reduz (N)
Redução na quantidade de energia utilizada para a produção de bens e serviços.	Reduz (S) e não reduz (N)
Redução da dispersão de substâncias tóxicas.	Reduz (S) e não reduz (N)
Aumento da reciclabilidade dos materiais.	Aumenta (S) e não aumenta (N)
Utilização de recursos renováveis.	Utiliza (S), não utiliza (N) e utiliza conjuntamente com derivados de petróleo (M)
Prolongamento do ciclo de vida (durabilidade) dos produtos.	Prolonga (S) e não prolonga (N)
Agregação de valores aos bens e serviços.	Agrega (S) e não agrega (N)

Fonte: Elaboração própria (2018)

Os dados foram organizados na forma de quadros para facilitar o atendimento ou não aos critérios de ecoeficiência estabelecidos pelo WBCSD (2001).

4 DISCUSSÃO

Inicialmente, nos diversos tipos de plásticos foram analisados o foco das eco-inovações, conforme pode ser observado na figura 2.

Figura 2_Eco-inovações dos plásticos

Tipo de plástico	Sigla	Foco da eco-inovação					
		SS	PRR	BM	QV	EI	ER
Bioplástico (plástico verde)	BP	●	●		●	●	
Biodegradável derivado do petróleo	BD		●		●		
Compostável	PC		●	●	●		
Hidro-biodegradável	HB		●		●		●
Oxi-biodegradável	OX		●		●		
Foto-biodegradável	FB		●	●	●		
Amido termoplástico	AT		●	●	●		

Fonte: Elaboração própria (2018).

Observa-se que as eco-inovações dos plásticos decorrem da aplicação das tecnologias disponíveis relacionadas à produtividade radical dos recursos (PRR), à química verde (QV), no que tange à substituição de materiais, e à biomimética (BM), no que diz respeito ao processo de biodegradação.

O plástico verde destaca-se pela sustentabilidade (SS), tanto pela redução de CO₂ na atmosfera, decorrente do plantio da cana de açúcar (processo de fotossíntese), quanto pela possibilidade de reutilização e reciclagem, que permitem o prolongamento do ciclo de vida do plástico, contribui para

a redução do consumo de recursos e do impacto ambiental, satisfazendo, ainda, as necessidades humanas por ter as mesmas características do plástico tradicional.

Cada um dos tipos de plásticos identificados possui diferentes características e impactos ao longo dos seus ciclos de vida. Para analisar a ecoeficiência das eco-inovações dos bioplásticos e dos plásticos biodegradáveis utilizou-se o modelo de análise apresentado na figura 1, elaborado para os fins desse estudo. A análise comparativa da ecoeficiência das diferentes eco-inovações, introduzidas pela indústria dos plásticos, pode ser observada na figura 3.

Figura 3_Análise comparativa

Aspecto avaliado	BP	BD	PC	HB	OX	FB	AT
Redução do consumo de materiais para a produção de bens e serviços.	S	N	N	N	N	N	N
Redução na quantidade de energia utilizada para a produção de bens e serviços.	S	N	N	N	N	N	N
Redução da dispersão de substâncias tóxicas.	S	N	N	N	N	N	N
Aumento da reciclabilidade dos materiais.	S	N	N	N	N	N	N
Utilização de recursos renováveis.	S	N	S	M	N	S	S
Prolongamento do ciclo de vida (durabilidade) dos produtos.	S	N	N	N	N	N	N
Agregação de valores aos bens e serviços.	S	N	S	N	N	N	N

Fonte: Elaboração própria (2018)

Ao comparar as diferentes eco-inovações introduzidas pela indústria dos plásticos, observa-se que os bioplásticos (BP) atendem a todos os critérios de ecoeficiência, estabelecidos pelo WBCSD (2001). Os plásticos biodegradáveis (BD), os oxibiodegradáveis (OX) e os hidro-biodegradáveis (HB) utilizam matéria-prima derivada do petróleo e não atendem aos critérios de ecoeficiência, além do que, durante o processo de biodegradação, emitem GEE, sendo que os OX, ainda, promovem um impacto ambiental ainda maior pela dispersão de metais pesados como manganês, cobre, cobalto, níquel e cério, utilizados para acelerar a degradação do material pelo processo de oxidação. Todos esses aspectos são agravados pelo fato de não serem duráveis e não poderem ser reciclados.

Os plásticos foto-biodegradáveis e os amido-termoplásticos atendem apenas ao critério de utilização de matéria-prima renovável. Como os demais plásticos biodegradáveis, emitem GEE durante o processo de biodegradação, além do que têm um curto ciclo de vida e não podem ser reciclados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O plástico, por suas características técnicas e excelente relação custo-benefício, deve permanecer por mais um tempo como principal componente de utensílios e embalagens. Assim, justifica-se os

esforços empreendidos para torná-lo mais ecoeficiente, através de eco-inovações propostas pela sexta onda.

De acordo com os critérios da WBCSD (2001), os bioplásticos são mais ecoeficientes que os biodegradáveis devido ao uso de matéria-prima de fontes renováveis, à durabilidade, à reciclabilidade e por não dispersarem substâncias tóxicas. Além do que ocorre o sequestro de CO₂ do ambiente, através do processo de fotossíntese, realizado durante a produção da cana-de-açúcar. Ressalta-se, no entanto, que a reciclabilidade está relacionada à gestão de resíduos, principalmente, no que tange à coleta seletiva, que permite o retorno do resíduo ao processo produtivo a partir da ecologia industrial. Caso a destinação final seja o aterro sanitário, ou mesmo o descarte inadequado no ambiente, a ecoeficiência é completamente comprometida.

Os plásticos tipo biodegradáveis derivados do petróleo, os compostáveis, os foto-biodegradáveis e os amido termoplásticos emitem CO₂, enquanto os hidro-biodegradáveis e os oxi-biodegradáveis, durante a biodegradação, além de CO₂, emitem CH₄, ambos gases de efeito estufa que contribuem para o aquecimento global. Os plásticos oxi-biodegradáveis, também, dispersam metais pesados, o que representa um fator redutor da ecoeficiência pela dispersão de substâncias tóxicas.

Os plásticos biodegradáveis, portanto, são menos ecoeficientes que os bioplásticos, no entanto, ambos utilizam matéria-prima também utilizada na produção de alimentos, podendo gerar conflitos sociais, comprometendo a sustentabilidade.

O fato é que há uma tendência ao “esverdeamento” de produtos, processos e serviços, e a ecoeficiência apresenta-se tanto como oportunidade quanto como um desafio. Os recursos tecnológicos, que surfam a sexta onda, têm contribuído muito através das eco-inovações propiciadas pela química verde e pela biomimética. Destaca-se, no entanto, que não basta buscar a produtividade radical dos recursos ou substituir recursos não renováveis por renováveis. É preciso avançar na mudança do paradigma da economia linear para a economia circular, reorientando o sistema econômico para a sustentabilidade, conforme proposto por Dias (2014).

Para esverdear, de fato, tanto os bioplásticos quanto os plásticos biodegradáveis, é necessário assegurar a destinação final ambientalmente adequada. Os bioplásticos não podem ter como destino final os aterros sanitários, nem tão pouco os corpos d’água, visto que podem ser reciclados. Desta forma é necessário que seja assegurado o seu retorno ao processo produtivo através da coleta seletiva.

Já os plásticos biodegradáveis precisam reduzir o custo social do carbono pelo aproveitamento do metano para geração de energia e pelo sequestro de carbono através da compostagem, reduzindo, assim, o impacto ambiental negativo ao longo do seu ciclo de vida. A biomassa gerada também

precisa ser destinada à produção agrícola na forma de adubo, assegurando, também, a economia circular.

Dessa forma, a análise crítica das eco-inovações dos plásticos realizada através desse estudo desmitifica a sustentabilidade dos plásticos biodegradáveis. O fato é que, no caso dos plásticos, a biodegradabilidade, além de não ser uma característica ecoeficiente, não contribui para o alcance das metas estabelecidas no Acordo de Paris, nem tão pouco para o desenvolvimento, de fato, sustentável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15448-1**: embalagens plásticas degradáveis e/ou renováveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 2 p.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BASTIOLI, Catia. **Handbook of biodegradable polymers**. United Kingdom: Rapra Tecnology, 2005. Disponível em:
<<https://books.google.com.br/books?id=r9pEs6NsGE4C&printsec=frontcover&hl=pt-PT#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

BRITO, G. F. et al. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p.127-139, 2011. Disponível em:
<www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/download/222/204+&cd=1&hl=pt-PT&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 02 fev. 2018.

BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT PORTUGAL. **Manual do formando**: ecoeficiência na vida das empresas. Lisboa: BCSD, 2013. Disponível em:
<<http://www.bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2013/10/BEE-Manual-do-Formando.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.

DIAS, Genebaldo Freire. **Pegada ecológica e sustentabilidade humana**. São Paulo: Gaia, 2002.

DIAS, Reinaldo. **Eco-inovação**: caminho para o crescimento sustentável. São Paulo: Atlas, 2014.

ECO-INNOVATION OBSERVATORY. **Europe in transition**: Paving the way to a green economy through eco-innovation. União Europeia: Eco-innovation Observatory, 2013. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/profile/Michal_Miedzinski/publication/301521406_Europe_in_transition_Paving_the_way_to_a_green_economy_through_eco-innovation/links/571757dc08aefb153f9ea14d/Europe-in-transition-Paving-the-way-to-a-green-economy-through-eco-innovation.pdf>. Acesso em: 07 out. 2017.

ECOSIGMA (Campinas). **Relatório do projeto especial sobre sustentabilidade de três tipos de embalagens distribuídas no varejo**. Campinas: ADVB, 2011. Disponível em:
<<http://www.ppfilme.com.br/pdf/Relatorio-Projeto-Especial-Sustentabilidade-Embalagens.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2017.

FINEP (Brasil). **Manual de Oslo**: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Rio de Janeiro: Finep, 2005. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

MACHADO FILHO, Haroldo (Org.). **Guia sobre “mecanismos voluntários de compensação individual de emissões de gases de efeito estufa”**. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2017. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/ods/guia-sobre--mecanismos-voluntarios-de-compensacao-individual-de-.html>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

MAGRINI, Alessandra et al. **Impactos ambientais causados pelos plásticos**: uma discussão abrangente sobre os mitos e os dados científicos. Rio de Janeiro: E-papers, 2012. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=oGhqHBWO2-cC&pg=PA117&dq=Impactos+ambientais+dos+bioplásticos&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwjJtSr2aXZAhXJUZAkHcfPBvQQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Impactos+ambientais+dos+bioplásticos&f=false>>. Acesso em: 01 fev. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Acordo de Paris**, de 12 de dezembro de 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/Acordo_Paris.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

OCDE. ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO. Framing eco-innovation: the concept and the evolution of sustainable manufacturing. in: _____. **Ecoinnovation in industry**: enabling green growth. Paris: OCDE, 2009. cap 1. p. 21-57.

PLATAFORMA EMPRESAS PELO CLIMA. **Diretrizes empresariais para precificação interna de carbono**. São Paulo: FGV/EAESP, 2016. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/18618>>. Acesso em: 03 set. 2107.

PRADO, Alexandre G. S.. Química verde, os desafios da química do novo milênio. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 5, p.738-744, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n5/17210.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SMERALDI, Roberto. **O novo modelo de negócios sustentáveis**. São Paulo: Publifolha, 2009.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (Suiça). **A eco-eficiência**: criar mais valor com menos impacto. Lisboa: WBCSD, 2001. Disponível em: <<http://www.bcsdportugal.org/wp-content/uploads/2013/11/publ-2004-Eco-eficiencia.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2017.

_____. **Eco-efficiency**: learning module. Genebra: WBCSD, 2006. Disponível em: <<http://www.wbcds.org/Projects/Education/Resources/Eco-efficiency-Learning-Module>>. Acesso em: 13 set. 2017.