

**Artigo de revisão**

Marcos Wilson Vicente de Assis<sup>1</sup>  
Taides Tavares dos Santos<sup>2</sup>

**Propriedades químicas, problemas ambientais e reciclagem de plástico: uma revisão de literatura**

Chemical properties, environmental problems and plastic recycling: a review

**ABSTRACT**

This exploratory-descriptive bibliographic review with a qualitative approach aimed to provide an overview of plastics, focusing on the chemical characterization of these polymers to the environmental problems arising from their inappropriate disposal. Over the years, promising proposals have been presented aiming at minimizing environmental impacts such as the development of biodegradable polymers with properties compatible with those of oil-derived polymers and the implementation of recycling practices combined with reverse logistics. However, such alternatives still have a relatively high implementation cost and / or have little efficiency due to several reasons, such as low recovery rate or need for technological improvement. In addition, it discusses difficulties in complying with the National Solid Waste Policy (Law No. 12,305 / 2010). visualizes the need to improve and strengthen public policies aimed at appropriate disposal, encouraging recycling and conscious reuse of plastic in order to reduce its impact on the environment.

**RESUMO**

A presente revisão bibliográfica, exploratória-descritiva, com abordagem qualitativa, teve como objetivo prover uma visão geral sobre plásticos, enfocando desde a caracterização química desses polímeros, até os problemas ambientais decorrentes do descarte inapropriado dos mesmos. Ao longo dos anos, têm sido apresentadas propostas bastante promissoras, visando à minimização de impactos ambientais tais como o desenvolvimento de polímeros biodegradáveis, com propriedades compatíveis com as dos polímeros derivados do petróleo e a implementação de práticas de reciclagem aliadas à logística reversa. Contudo tais alternativas ainda apresentam custo de implementação relativamente elevado e/ou apresentam pouca eficácia em decorrência de diversos motivos, como baixa taxa de recuperação ou necessidade de aperfeiçoamento e aprimoramento tecnológico. Adicionalmente, discute-se acerca de dificuldades ao cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (lei nº 12.305/2010). Visualiza-se a necessidade de aperfeiçoamento e fortalecimento de políticas públicas voltadas para o descarte apropriado, para o incentivo à reciclagem e para o reuso consciente de plástico, visando a redução de seus impactos ao meio ambiente.

- <sup>1</sup>. Universidade Federal do Tocantins  
<sup>2</sup>. Universidade Federal do Oeste do Pará

**KEYWORDS**

Polymers; Environment pollution; Chemical properties; Solid waste

**PALAVRAS - CHAVE**

Polímeros; Poluição ambiental; Propriedades químicas; Resíduos sólidos.

**AUTOR CORRESPONDENTE:**

Taides Tavares dos Santos.

<taidests@gmail.com>

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA), Prédio Modular Tapajós - Unidade Tapajós, Rua Vera Paz, s/nº, Salé, Cep: 68.040-255. Santarém – Pará, Brasil.

## INTRODUÇÃO

Plásticos são macromoléculas orgânicas poliméricas, de origem artificial, com propriedades bastante diversificadas, podendo apresentar-se como um material rígido e durável ou como bastante maleável e de fácil combustão (CANGEMI et al., 2005). Essas variações nas propriedades físicas e químicas dos plásticos justificam a vasta gama de aplicações desses polímeros, o que inclui o seu uso no desenvolvimento de utensílios domésticos, roupas, equipamentos eletrônicos, peças de veículos automotores e etc. (HEMAIS, 2003; CANGEMI et al., 2005; DREGER et al., 2018). Em virtude de sua vasta gama de usos e aplicações, no meio urbano e industrial, o plástico se tornou um símbolo da sociedade do “consumo descartável” e é atualmente o segundo constituinte mais comum do lixo, perdendo apenas para o papel (PIATT, RODRIGUES, 2005; SILVA et al., 2013; RAGAERT et al., 2017).

Entre os diversos tipos de plástico comumente utilizados, o polietileno se destaca em virtude de ser um tipo plástico com elevada produção em nível mundial, fato que lhe confere um custo relativamente baixo, além de apresentar elevada durabilidade, o que é uma característica vantajosa desse material (MEHRABZADEH, FARAHMAND, 2001; COUTINHO et al., 2003; QUEIROZ, GARCIA, 2010).

Por outro lado, essa elevada durabilidade do polietileno, e de outros polímeros denominados como plásticos, representa um sério problema ecológico, dado que esses polímeros são utilizados na fabricação de diversos tipos de embalagens e outros objetos (sacolas plásticas, por exemplo), que são usualmente descartados após utilização, acumulando-se ao longo do tempo na natureza, provocando uma significativa poluição ambiental e visual (FORLIN, FARIA, 2002; COUTINHO et al., 2003; LORENZETT et al., 2013; OZÓRIO et al., 2015). Diante disso, é inegável a necessidade de se exigir o cumprimento da legislação vigente em cada país, relativa à destinação final de produtos de plástico [no Brasil, por exemplo, existe a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), que trata desse assunto], bem como incentivar e aperfeiçoar as práticas e alternativas de reciclagem dos mesmos.

Nesse contexto, a presente revisão de literatura teve como objetivo prover uma visão geral sobre os plásticos, abordando desde a constituição química desses produtos até os problemas ambientais decorrentes do uso desses produtos poliméricos em larga escala. Além disso, são apresentadas alternativas, evidenciadas a partir da literatura científica, para a reciclagem e para o reaproveitamento de plástico, assim como para o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis.

## DESENVOLVIMENTO

Realizou-se uma revisão bibliográfica, exploratória-descritiva, com abordagem qualitativa, a partir de buscas guiadas por palavras-chave (plástico, reciclagem, legislação, problemas ambientais, aplicações de plásticos, entre outras), em artigos científicos publicados em português, inglês ou espanhol, no período compreendido entre 1998 até 2019. As principais bases de dados utilizadas foram *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Google Acadêmico e o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

A consulta a livros e outras publicações similares restringiu-se a conceituações. Preliminarmente, as produções científicas foram selecionadas pelo título e/ou resumo. Em seguida, realizou-se a minuciosa leitura e análise do conteúdo para, então, ser realizada a seleção daqueles que iriam compor a presente revisão, conforme descrito na Figura 1.

## PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS PLÁSTICOS

Antes de serem abordadas especificamente as propriedades químicas dos plásticos, é relevante descrever brevemente o grupo em que esses produtos químicos estão inseridos, isto é, os polímeros.

Os Polímeros são grandes moléculas caracterizadas por seu tamanho, sua estrutura química e interações intra e intermoleculares. Possuem unidades químicas repetitivas (monômeros) que são unidas por ligações covalentes (SPINACÉ, PAOLI, 2005; OZÓRIO et al., 2015). Em virtude de características físicas e químicas, os polímeros possuem propriedades interessantes tais como alta flexibilidade, alta resistência ao impacto, baixas temperaturas de processamento, baixa condutividade elétrica e térmica, porosidade, reciclabilidade, dentre outras (OZÓRIO et al., 2015).

Os polímeros podem ser classificados como naturais e sintéticos. Polímeros naturais são aqueles que já existem na natureza na forma polimérica. Esse é o caso das proteínas, DNA, amido, celulose, lã, seda, entre outros. Já os polímeros sintéticos são aqueles obtidos por meio de reações químicas, ou seja, não podem simplesmente ser obtidos na natureza sem passar por algum tipo de modificação na sua estrutura química.

Nesse grupo, estão os polietilenos (PE), polipropilenos (PP), poliestirenos (PS), policloreto de vinila (PVC), polimetacrilato de metila (PMMA), polietileno tereftalato (PET), entre outros (PIATTI, RODRIGUES, 2005).

Os polímeros podem também ser classificados quanto à composição, sendo considerados como homopolímeros, quando formados por um único tipo de monômero, ou copolímeros, quando constituídos por mais de um tipo de monômero. Os copolímeros ainda podem ser subdivididos em aleatório, alternado, em bloco ou graftizado (CANEVAROLO Jr., 2013).

Das 160 referências bibliográficas consultadas para realização do presente trabalho (Figura 1), sete tratavam especificamente sobre polímeros, indo da aplicação até os problemas ambientais provocados pelos mesmos.

Entre os trabalhos diretamente relacionados com polímeros, destaca-se o estudo de Hümmelgen e outros (1998), em que foi proposto o uso de polímeros conjugados como camada ativa de diodos emissores de luz e fotodetectores. Franchetti e Marconato (2006) apresentaram um panorama geral sobre possibilidades para diminuir o dano causado pelos materiais poliméricos como reciclagem, incineração, polímeros biodegradáveis sintéticos e naturais (polissacarídeos, ácidos algínicos e outros).

Outro estudo diretamente relacionado com a temática “polímeros” é o Valero-Valdivieso e outros (2013), que enfoca no uso de amido, celulose, óleos vegetais, ácido láctico para o desenvolvimento de polímeros e também as perspectivas para o mercado de biopolímeros, partindo do

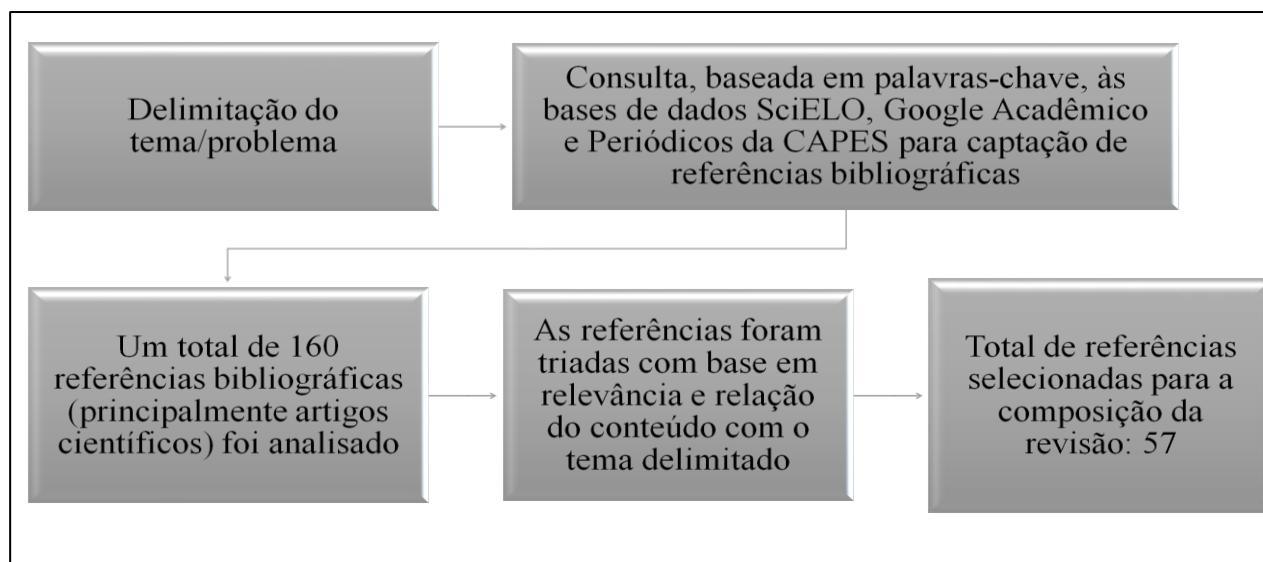


Figura 1. Procedimentos de busca e seleção dos artigos utilizados na revisão.

pressuposto da priorização recente pelo consumo de produtos renováveis, a fim de diminuir a poluição do meio ambiente. Por fim, Romaní e Briceño (2018) abordaram a utilização de asfalto modificado com polímero como uma alternativa para os problemas com pavimentação asfáltica no Equador, ressaltando que, apesar de não ser uma solução definitiva, pode de certa forma ser uma possibilidade a se considerar.

### PLÁSTICOS: POLÍMEROS SINTÉTICOS

Os plásticos são polímeros sintéticos cuja principal matéria-prima é o petróleo. Por meio da destilação fracionada, obtém-se várias frações do petróleo, entre as quais, a nafta, que é a fração a partir da qual são obtidos os monômeros. Ao ser submetida a um processo de craqueamento, a nafta dará origem a várias substâncias como etileno, propileno, butadieno que vão ser designados como petroquímicos básicos. Estes vão se transformar no que são nomeados como petroquímicos finos, dentre eles podemos citar o PE, PP, PVC. Na etapa seguinte, os petroquímicos finos passam por modificações químicas ou são convertidos em bens de consumo (PIATTI, RODRIGUES, 2005).

Conforme Piatti e Rodrigues (2005), por meio de uma reação de polimerização, várias moléculas menores se juntam para formar uma maior, ou seja, por meio da junção de várias unidades (monômeros), uma unidade grande (polímero) é formada dando origem ao plástico que se deseja obter. Nas diferentes reações entre polímeros, podem se formar dois tipos principais de cadeias: cadeia linear e cadeia ramificada. Na linear, as moléculas crescem em apenas uma direção; já na ramificada, existem ramificações ligadas a cadeia principal.

Exemplos de aplicações de polímeros sintéticos são apresentados em diferentes estudos. Hemais (2003) apresenta um contexto histórico sobre a relação do plástico e sua utilização com a indústria automobilística. Geralmente esse uso se justifica principalmente por dois quesitos: econômico e suas propriedades. Não tão diferente do que vemos em outros ramos comerciais, a versatilidade dos materiais plásticos, que se devem principalmente a suas

propriedades, é um fator de grande relevância para apontar as razões para sua utilização em larga escala.

No estudo de Dreger e outros (2018), foi avaliado o uso de laminado sintético de PVC para o processo de fabricação de solados de calçados, concluindo que nenhum dos resultados obtidos estavam fora dos padrões e/ou normas para utilização do mesmo como material para solado; além disso, observou que o material final obtido apresentou boas propriedades, tanto físicas como mecânicas, para ser empregado na fabricação de solados para indústria calçadista.

### PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS

A produção e aperfeiçoamento de plásticos biodegradáveis tem sido enfocada em anos recentes e representa uma alternativa relevante para a obtenção de materiais plásticos menos danosos ao meio ambiente e mais saudáveis para todos os seres vivos (FRANCHETTI, MARCONATO, 2006; LIMA, OKIMOTO, 2009; GARCÍA et al., 2013; VALERO-VALDIVIESO et al., 2013; FARIA et al., 2015; SUEIRO et al., 2016).

No entanto, existem muitos desafios a serem enfrentados para que os plásticos biodegradáveis substituam os produtos sintéticos. De acordo com Cangemi e outros (2005), esses produtos ainda têm um custo mais elevado que aqueles derivados do petróleo, apesar de sua competitividade em algumas áreas como a médica. Como exemplificação da dificuldade econômica para viabilização desses produtos, pode-se mencionar o estudo de Sueiro e outros (2016), que propôs a produção de filmes biodegradáveis a partir do amido de mandioca, pululana e celulose bacteriana. Embora o amido apresente disponibilidade e viabilidade econômica, a pululana e celulose bacteriana são matérias-primas de custo elevado.

### PROBLEMAS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELO DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS E ALTERNATIVAS DE MINIMIZAÇÃO DE IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE

Os resíduos plásticos domésticos, resultantes do consumo humano, permanecem no meio ambiente por muitos anos e, em geral, levam mais de 400 anos para se

degradarem espontaneamente (VALENCIA et al., 2012). Uma das destinações possíveis para resíduos plásticos é a incineração, contudo essa alternativa ainda não está sendo utilizada em larga escala, em virtude de seu alto custo e dos riscos associados à liberação de gases tóxicos resultantes deste processo (SANTOS et al., 2004; ZANIN, MANCINI, 2004; CANGEMI et al., 2005; SANTOS et al., 2012).

No Brasil, com a publicação da Lei nº 12.305/2010, que instituiu a PNRS (BRASIL, 2010), os lixões foram proibidos, requerendo a necessidade de construção de aterros sanitários. Embora já tenham se passado quase 10 anos, desde a publicação dessa lei, os lixões ou aterros sanitários, estruturalmente inapropriados, ainda são a realidade de muitos municípios brasileiros, sobretudo daqueles pouco populosos, que lidam com problemas como escassez de recursos financeiros e de profissionais preparados (PEREIRA, SOUZA, 2017; SILVA, FARIA, 2017).

Gomes e outros (2014), em uma análise acerca do cumprimento do disposto na Lei nº 12.305/2010, mencionaram problemas, em âmbito nacional, como a existência de programas iniciados e interrompidos devido à falta de educação ambiental, à ineficiência das campanhas de conscientização e à dificuldade de aceitação da norma pela comunidade. Em outro estudo, também acerca da implementação da PNRS, mas com enfoque na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, indicaram a existência de grandes lacunas relacionadas aos objetivos de reutilização e reciclagem, à coleta seletiva, à integração de catadores e ao aproveitamento energético do material coletado (MAIELLO, BRITTO, VALLE, 2018). Esses e outros problemas já foram mencionados como sendo a realidade em outras localidades do país (HEBER, SILVA, 2014; IZARIAS et al. 2016; REIS, FRIEDE, LOPES, 2018; LAVNITCKI, BAUM, BECEGATO, 2018), o que reflete sobretudo a necessidade de aprimoramento na integração entre entes federativos, visando à plena implementação da PNRS.

Ainda com relação aos impactos ambientais resultantes do descarte incorreto dos resíduos plásticos, é válido mencionar aqueles relacionados à fauna marinha, resultando na morte de animais e/ou causando ferimentos, além de contaminar o ambiente no qual vivem esses organismos (DERRAIK, 2002; ARAÚJO et al., 2006; ANDRADY, 2011).

A poluição do ambiente marinho inicia a partir da poluição dos rios, uma vez que os fragmentos e embalagens descartáveis de plástico têm os corpos hídricos continentais como caminhos que levam ao mar, nos quais esgotos são lançados corriqueiramente e, a depender da localidade, com ou sem tratamento e, em muitos casos, quando próximo da costa, resíduos de plástico podem ser transportados pelo vento (LOZOYA et al., 2015).

Teuten e outros (2007) estudaram os impactos dos plásticos no transporte de contaminantes hidrofóbicos para organismos sedimentares, concluindo que um valor na proporção de 1:1 de polietileno, adicionado ao sedimento, é capaz de produzir um aumento significativo em seu armazenamento por *Arenicola marina*. No mesmo sentido, Poli e outros (2015) retrataram o quanto a poluição marinha resultante dos resíduos plásticos afeta a vida da fauna, nesse caso, em especial, das tartarugas marinhas no Estado da Paraíba, concluindo que o tipo de plástico-

coloração é um fator determinante para ingestão desses polímeros por esses organismos.

Xanthos e Walker (2017), em um estudo de revisão, demonstraram que, desde 1991, muitas nações têm adotado políticas públicas visando à redução da poluição marinha com plásticos descartáveis (sacolas plásticas, por exemplo). Embora o Brasil tenha uma política pública relacionada a essa temática (PNRS) (BRASIL, 2010), tendo sido citados no referido estudo relatos de impactos à fauna aquática, provocados pelo consumo acidental de plástico no Brasil (BUGONI, KRAUSE, PETRY, 2001; MASCARENHAS, SANTOS, ZEPPELINI, 2004), nenhuma política pública brasileira foi mencionada.

### **RECICLAGEM E LOGÍSTICA REVERSA DE PLÁSTICO COMO ALTERNATIVAS AO DESCARTE INADEQUADO NO MEIO AMBIENTE**

Reciclagem é um conjunto de técnicas que visa ao aproveitamento de resíduos, a fim de reutilizá-los no ciclo de produção de que saíram (MARCHI, 2011). Assim, a reciclagem de resíduos plásticos é uma forma de aproveitamento dos mesmos em oposição ao descarte direto no meio ambiente, possibilitando a redução do uso de petróleo, das emissões de dióxido de carbono e das quantidades de resíduos sólidos que requerem descarte (HOPEWELL, DVORAK, KOSIOR, 2009; VISCUSI, HUBER, BELL, 2012).

Os materiais plásticos recicláveis provêm de lixões, de sistemas de coleta seletiva, etc., e são constituídos pelos mais diferentes tipos de materiais e resinas, fazendo-se, assim, necessário uma separação criteriosa para que possam ser aproveitados de algum modo (CANGEMI et al., 2005). Diversos estudos já foram realizados com enfoque em reciclagem, reutilização e avaliação das propriedades mecânicas de resíduos plásticos provenientes de usos urbanos e industriais (MEHRABZADEH, FARAHMAND, 2001; CARASCHI, LEÃO, 2002; FORLIN; FARIA, 2002). A partir desses e de outros estudos, compreende-se que a reciclagem de resíduos plásticos é uma tarefa muitas vezes dificultada em virtude da necessidade de separação dos resíduos, a partir de suas diferentes composições.

Diante disso, tendo como objetivo facilitar a identificação dos diferentes tipos de plástico para posterior reciclagem, Coltro e Duarte (2013) desenvolveram um código de identificação de resina, indo de 1 até 7, que além de ser relevante para identificação do tipo de plástico presente na composição de cada material descartado, possibilitou uma melhor separação e também auxiliou na revalorização dos materiais obtidos.

Ainda com relação à separação de resíduos plásticos para reciclagem, é válido mencionar a importância de cada embalagem plástica possuir uma identificação quanto ao tipo de plástico presente em sua composição de forma a propiciar uma futura separação, coleta e reciclagem (SANTOS et al., 2004; COLTRO et al., 2008; LIMA; OKIMOTO, 2009; QUEIROZ, GARCIA, 2010; COLTRO, DUARTE, 2013).

Utamura et al. (2019) propuseram a separação dos resíduos plásticos provenientes de equipamentos elétricos e eletrônicos por meio de flotação de espuma, verificando como mais comuns o ABS- *Acrylonitrile Butadiene Styrene*

e HIPS- *High Impact Polystyrene*, que se caracterizam por serem de difícil separação.

Com relação às propostas que contribuem para o reaproveitamento de resíduos plásticos, Elgegren e outros policarbonato e poliamida Nylon-6. Eles obtiveram bons resultados, com rendimentos entre 80% e 90%, indicando que existe, sim, a possibilidade desses resíduos serem reaproveitados. Soloaga e outros (2014) propuseram o aproveitamento de plástico reciclado em concreto como uma alternativa para a construção civil. Contudo, a relação custo-benefício de alternativas de reutilizações como essas, ainda requerem aperfeiçoamento para se tornarem favoráveis e passarem a ser adotados em larga escala.

Ainda com relação à reciclagem de plástico e a de outros resíduos sólidos, a literatura científica tem demonstrado que a conscientização e o conhecimento da população acerca desse tema têm crescido ao longo de anos (ALENCAR, 2005; LORENZETT et al., 2013; SILVA et al., 2013; OZÓRIO et al., 2015). Contudo, ainda se faz necessária a realização de trabalhos intensivos de conscientização sobre a relevância desses materiais não serem descartados diretamente na natureza. Silva et al. (2013), em uma escola no município São Luiz do Quitunde-AL, com uma amostra de 280 alunos, tendo idades ente dez e dezoito anos, cursantes do 6º ao 9º ano do ensino fundamental II, constataram que mais da metade dos entrevistados desconhecia o tema coleta seletiva e ainda mais de 70% desses não sabiam o tempo de durabilidade do plástico na natureza, corroborando com a necessidade dos órgãos governamentais, sociedade civil organizada e demais instituições engendrarem esforços visando à conscientização da sociedade a respeito de temas como destinação correta, reciclagem e reaproveitamento de resíduos plásticos.

## LOGÍSTICA REVERSA E RESÍDUOS PLÁSTICOS

Logística reversa ou logística de fluxos de retorno é uma ferramenta gerencial aliada à reciclagem que visa à recuperação de produtos, reintegrando-os aos ciclos produtivos e de negócios (MARCHI, 2011). O conceito de logística reversa, na sociedade contemporânea, é muito divulgado. Porém, ainda não existe uma legislação que obrigue a adoção de tal prática. A implementação dessa prática, nas etapas de uso e desenvolvimento de plástico, apresenta-se como uma alternativa ao descarte inadequado desses produtos. Silva e Moita Neto (2011), em um estudo de caso, verificaram que a logística reversa poderia reduzir os custos em indústrias produtoras de plástico por meio da reutilização de alguns materiais na própria cadeia produtiva. Assim, o reaproveitamento de resíduos poderia ser optado em detrimento da aquisição de matéria-prima para sua produção.

Entretanto, existem desafios que não podem ser desconsiderados em relação à logística reversa, como verificado por Silva e Moita Neto (2011), que dizem respeito à falta de coleta seletiva e produtos sem identificação preconizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ou como verificado por Montoya e outros (2015), relacionados com fatores econômicos e legais, como a falta de investimentos, instalações apropriadas e treinamento.

Pensar na logística reversa como uma responsabilidade do outro é um reducionismo que tem dificultado muito o desenvolvimento de políticas efetivas, que possibilitam uma eficácia considerável, com resultados

na produção de materiais de maior qualidade, pois, como mencionou Montoya e outros (2015), tem-se um material recuperado de qualidade bem inferior à que se obteria. Outro fator relevante é que se faz necessário a criação de políticas públicas de conscientização da importância da logística reversa. Em contraposição a esse cenário de dificuldades, Graczyk e Witkowski (2011) mencionaram que, apesar dos desafios existentes, países membros da União Europeia tem conseguido aliar consumo e sustentabilidade, combinando práticas eficazes de reciclagem com logística reversa. Muitos alcançam taxas de 84% de recuperação de seu plástico utilizado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos avanços das possibilidades de reciclagem e reutilização de resíduos plásticos de diferentes constituições, ainda são necessários maiores investimentos em pesquisas científicas, a fim de propiciar o desenvolvimento de novos materiais que conciliem as propriedades físicas e químicas dos plásticos, garantindo as variadas aplicabilidades desses polímeros, destacando a relação custo-benefício favorável, e visando uma produção em larga escala.

Biopolímeros, adoção de logística reversa e métodos alternativos para reaproveitamento de plásticos são propostas bastante promissoras. Contudo, ainda representam uma realidade com custo elevado e, muitas vezes, de pouca eficácia em virtude da baixa taxa de recuperação, requerendo aperfeiçoamento e aprimoramento tecnológico. É válido mencionar a importância da conscientização ambiental em relação ao uso de resíduos plásticos, de forma a garantir a sustentabilidade dos recursos naturais para as sociedades presente e futura.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M. M. M. Reciclagem de lixo numa escola pública do município de Salvador. **Candombá**: revista virtual, v. 1, n. 2, p. 96-113, 2005.
- ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.
- ARAÚJO, M. C. B., SANTOS, P. J. P., COSTA, M. F. Ideal width of transects for monitoring source-related categories of plastics on beaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, p. 957-961, 2006.
- BRASIL, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (PNRS). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em 24 fev. 2018.
- BUGONI, L.; KRAUSE, L.; PETRY, M. V. Marine Debris and Human Impacts on Sea Turtles in Southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42, n. 12, p. 1330-1334, 2001.
- CANEVAROLO Jr., S. V. **Ciência dos polímeros**: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 3. ed. São Paulo: Artliber, 2013.
- CANGEMI, J. M., SANTOS, A. M., CLARO NETO, S. Biodegradação: Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. **Química Nova na Escola**, n. 22, p. 17-21, 2005.
- CARASCHI, J. C., LEÃO, A. L. Avaliação das propriedades mecânicas dos plásticos reciclados provenientes de resíduos sólidos urbanos. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 24, n. 6, p. 1599-1602, 2002.

- COLTRO, L., DUARTE, L. C. Reciclagem de embalagens plásticas flexíveis: contribuição da identificação correta. **Polímeros**, v. 23, n. 1, p. 128-134, 2013.
- COLTRO, L.; GASPARINO, B. F.; QUEIROZ, G. C. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 119-125, 2008.
- COUTINHO, F. M. B., MELLO, I. L., MARIA, L. C. S. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2003.
- DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 9, p. 842-852, 2002.
- DREGER, A. A., BARBOSA, L. A., SANTANA, R. M. C., SCHNEIDER, E. L., MORISSO, F. D. P. Caracterização mecânica e morfológica de solados produzidos com resíduos de laminados de PVC da indústria calçadista. **Revista Matéria**, v. 23, n. 1, 2018.
- ELGEGREN, M. et al. Reciclaje químico de desechos plásticos. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, v. 78, n. 2, p. 105-119, 2012.
- FARIA, P. C.; WISBECK, E.; DIAS, L. P. Biodegradação de polipropileno reciclado (ppr) e de poli (tereftalato de etileno) reciclado (petr) por *Pleurotus ostreatus*. **Revista Matéria**, v. 20, n. 2, p. 452-459, 2015.
- FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2002.
- FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis: uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006.
- GARCÍA, Y. G., CONTRERAS, J. C. M., REYNOSO, O. G., LÓPEZ, J. A. C. Síntesis y biodegradación de polihidroxialcanoatos: plásticos de origen microbiano. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 29, n. 1, p. 77-115, 2013.
- GOMES, M. H. S. C., OLIVEIRA, E. C., BRESCIANI, L. P., DA SILVA PEREIRA, R. Política Nacional de Resíduos Sólidos: perspectivas de cumprimento da Lei 12.305/2010 nos municípios brasileiros, municípios paulistas e municípios da região do ABC. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 7, p.93-109, 2014.
- GRACZYK, M., WITKOWSKI, K. Reverse logistics processes in plastics supply chains. **Total Logistic Management**, n. 4, p. 43-55, 2011.
- HEBER, F., DA SILVA, E. M. Institucionalização da Política Nacional de Resíduos Sólidos: dilemas e constrangimentos na Região Metropolitana de Aracaju (SE). **Revista de Administração Pública**, v. 48, n. 4, p. 913-937, 2014.
- HEMAIS, C. A. Polímeros e a indústria automobilística. **Polímeros: ciência e tecnologia**, v. 13, n. 2, p. 107-114, 2003.
- HOPEWELL, J., DVORAK, R., KOSIOR, E. Plastics recycling: challenges and opportunities. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, p. 2115-2126, 2009.
- HÜMMELGEN, I. A., ROMAN, L. S., LIMA, J. R. Polímeros conjugados como camada ativa de diodos emissores de luz e fotodetectores. **Polímeros: ciência e tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 55-63, 1998.
- IZARIAS, N. S., BARBOSA, B. I., IZARIAS, M. R., MONTEIRO, V. F. Implantação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos no Norte Goiano. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 243-253, 2016.
- LAVNITCKI, L.; BAUM, C. A.; BECEGATO, V. A. Política Nacional dos Resíduos Sólidos: abordagem da problemática no Brasil e a situação na região sul. **Revista Ambiente & Educação**, v. 23, n. 3, p. 379-401, 2018.
- LIMA, E. G., OKIMOTO, M. L. L. R. Revisão da aplicação de produtos biopolímeros obtidos pela reciclagem de plásticos em design. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 10, n. 5, p. 244-259, 2009.
- LORENZETT, J. B., RIZZATTI, C. B., LORENZETT, D. B., GODOY, L. P. Sacolas plásticas: uma questão de mudança de hábitos. **Revista monografias ambientais**, v. 11, n. 11, p. 2446 – 2454, 2013.
- LOZOYA, J. P. et al. Management and research on plastic debris in uruguayan aquatic systems: update and perspectives. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n. 3, p. 377-393, 2015.
- MAIELLO, A., BRITTO, A. L. N. P., VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública**, v. 52, n. 1, p. 24-51, 2018.
- MARCHI, C. M. D. F. Cenário mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, v. 1, n. 2, p. 118-135, 2011.
- MASCARENHAS, R.; SANTOS, R.; ZEPPELINI, D. Plastic debris ingestion by sea turtle in Paraíba, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, n. 4, p.354-355, 2004.
- MEHRABZADEH, M., FARAHMAND, F. Recycling of commingled plastics waste containing polypropylene, polyethylene, and paper. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 80, p. 2573–2577, 2001.
- MONTOYA, C. C. P., GOMEZ, J. C. O., HOLGUIN, C. J. V., LOZADA, P. T., REBELLON, L. F. M. Reverse logistics in the plastics subsector: main facilitators and barriers. **Ingeniería e Investigación**, v. 35, n. 3, p. 27-33, 2015.
- OZÓRIO, M. S., SOUZA FILHO, M. P., ALVES, N., JOB, A. E. Promovendo a conscientização ambiental: resultados de uma pesquisa realizada com alunos do ensino médio sobre polímeros, plásticos e processos de reciclagem. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 11-24, 2015.
- PEREIRA, M. P., SOUZA, K. S. Política nacional de resíduos sólidos (PNRS): avanços ambientais e viés social nos municípios de pequeno porte. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, v. 17, n. 32, p. 189-210, 2017.
- PIATTI, T. M., RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos**: características, usos, produção e impactos ambientais. Maceió: EDUFAL, 2005.
- POLI, C., MESQUITA, D. O., SASKA, C., MASCARENHAS, R. Plastic ingestion by sea turtles in Paraíba State, Northeast Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 105, n. 3, p. 265-270, 2015.
- QUEIROZ, G. C., GARCIA, E. E. C. Reciclagem de sacolas plásticas de polietileno em termos de inventário de ciclo de vida. **Polímeros**, v. 20, p. 401-406, 2010.
- RAGAERT, K., DELVA, L., GEEM, K. V. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. **Waste Management**, v. 69, p. 24–58, 2017.
- REIS, D., FRIEDE, R., LOPES, F. H. P. Política nacional de resíduos sólidos (Lei no 12.305/2010) e educação ambiental. **Revista Interdisciplinar de Direito**, v. 14, n. 1, p. 99-111, 2018.

- ROMANÍ, R. V., BRICEÑO, J. G. J. Incidencia del empleo de polímeros como modificadores del asfalto. **Revista Lasallista de Investigación**, v. 15, n. 2, p. 315-326, 2018.
- SANTOS, A. S. F., AGNELLI, J. A. M., MANRICH, S. Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas. **Polímeros: ciência e tecnologia**, v. 14, n. 5, p. 307-312, 2004.
- SANTOS, A. S. F., FREIRE, F. H. O., COSTA, B. L. N. MANRICH, S. Sacolas plásticas: destinações sustentáveis e alternativas de substituição. **Polímeros**, v. 22, n. 3, p. 228-237, 2012.
- SILVA, C. O., SANTOS, G. M., SILVA, L. N. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 13, n. 13, p. 2683-2689, 2013.
- SILVA, E. A., MOITA NETO, J. M. Logística reversa nas indústrias de plásticos de Teresina-PI: um estudo de viabilidade. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 3, p. 246-251, 2011.
- SILVA, G. J. A., FARIA, M. V. C. M. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Maciço de Baturité-CE: uma análise à luz da Matriz 5C de Najam. **Revista Gestão e Organizações**, v. 2, n. 1, p. 1-23, 2017.
- SOLOAGA, I. S.; OSHIRO, A.; POSITIERI, M. The use of recycled plastic in concrete: an alternative to reduce the ecological footprint. **Revista de la Construcción**, v. 13, n. 3, p. 19-26, 2014.
- SPINACÉ, M. A. S., PAOLI, M. A. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.
- SUEIRO, A. C., FARIA-TISCHER, P. C. S., LONNI, A. A. S. G., MALI, S. Filmes biodegradáveis de amido de mandioca, pululana e celulose bacteriana. **Química Nova**, v. 39, n. 9, p. 1059-1064, 2016.
- TEUTEN, E. L., ROWLAND, S. J., GALLOWAY, T. S., THOMPSON, R. C. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 22, p. 759-7764, 2007.
- UTIMURA, S. K., CHAVES, A. P., TENÓRIO, J. A. S., ESPINOSA, D. C. R. Selecting chemicals for separation of ABS and HIPS in WEEE by froth flotation. **Polímeros**, v. 29, n. 2, p. 1-4, 2019.
- VALENCIA, D. R., PÉREZ, C. L., CORTES, E., FROESE, A. Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. **Apuntes**, v. 25 n. 2, p. 292-303, 2012.
- VALERO-VALDIVIESO, M. F., ORTEGÓN, Y., USCATEGUI, Y. Biopolímeros: avances y perspectivas. **Dyna**, v. 80, n. 181, p. 171-180, 2013.
- VISCUSI, W. K., HUBER, J., BELL, J. Alternative Policies to Increase Recycling of Plastic Water Bottles in the United States. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 6, n. 2, p. 190-211, 2012.
- XANTHOS, D., WALKER, T. R. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 118, n. 1-2, p. 17-26, 2017.
- ZANIN, M., MANCINI, S. D. **Resíduos Plásticos e reciclagem**: aspectos gerais e tecnologia. São Carlos: Edusfcar, 2004.