



**Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias
Curso de Licenciatura em Química**

**Textos de Divulgação Científica na revista Ciência
Hoje: análise e proposição de recurso didático para
a temática polímeros e plásticos**

**Autora: Carolaine Santos das Virges
Orientador: Profa. Dra. Mayara Soares de Melo
Coorientador: Prof. Dr. Alan Thyago Jensen**

**Barreiras - BA
2022**

CAROLAINÉ SANTOS DAS VIRGES

**Textos de Divulgação Científica na revista Ciência Hoje: análise e proposição
de recurso didático para a temática polímeros e plásticos**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Química da Universidade Federal do Oeste
da Bahia, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciada em
Química

Orientador: Profa. Dra. Mayara Soares de
Melo

Coorientador: Prof. Dr. Alan Thyago
Jensen

**Barreiras - BA
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

V816 Virges, Carolaine Santos das.

Textos de divulgação científica na Revista Ciência Hoje: análise e proposição de recurso didático para a temática polímeros e plásticos. / Carolaine Santos das Virges. – 2022.

66f.

Orientador: Profa. Dra. Mayara Soares de Melo.

Monografia (Graduação) – Licenciatura em Química. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. Barreiras, BA, 2022.

1. Textos de divulgação científica. 2. Polímeros. 3. Plásticos. I. Melo, Mayara Soares de. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 540



Universidade Federal do Oeste da
Bahia Centro das Ciências Exatas e das
Tecnologias - CCET
Colegiado do Curso de Licenciatura em
Química Campus Edgard Santos, Estrada do
Barroão, Morada Nobre
CEP 47.800-000, (77) 3614-3120



Colegiado do Curso de Química

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos dezoito dias do mês julho do ano de dois mil e vinte e dois, às quatorze horas realizou-se na Sala Virtual da Plataforma Google Meet, endereço eletrônico <<https://meet.google.com/xym-fdbq-qes>> da Universidade Federal do Oeste da Bahia-UFOB, a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **“Textos de Divulgação Científica na revista Ciência Hoje: análise e proposição de recurso didático para a temática polímeros e plásticos”**, da discente **Caroline Santos das Virges**, como requisito de avaliação do Componente Curricular **Trabalho de Conclusão de Curso**, do Curso de Licenciatura em Química. A Comissão Examinadora foi composta pelos docentes: Dra. Mayara Soares de Melo (Orientadora), Dra. Nara Alinne Nobre da Silva e a Ma. Débora Cristina Araújo Miguel. Estiveram presentes à sessão o Dr. Alan Thyago Jensen (Coorientador), demais professores, alunos e a comunidade. Sob a presidência da Profa. Dra. Mayara Soares de Melo, presidenta da banca examinadora, foi iniciada a sessão com uma apresentação oral da discente, seguida da arguição da Comissão Examinadora. Após arguição, os membros da Comissão Examinadora se reuniram e avaliaram a discente, atribuindo **nota 9,0**, correspondente à média aritmética das notas atribuídas por cada um dos membros da Comissão examinadora, sendo a discente **Caroline Santos das Virges APROVADA**. Nada mais havendo a constar, foi lavrada a presente ata que vai assinada pelos presentes. Barreiras (BA), 18 de julho de 2022.

Documento assinado digitalmente



MAYARA SOARES DE MELO
Data: 19/07/2022 14:57:36-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Mayara Soares de Melo
Presidenta da Comissão Examinadora e
Orientador

Nara Alinne Nobre da Silva
Membro da Comissão Examinadora

Débora Cristina Araújo Miguel
Membro da Comissão Examinadora

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, primeiramente a Deus, por ter me guiado até aqui. Acredito que antes mesmo de escolher o curso que eu iria fazer, Ele já tinha escolhido por mim, no momento que eu escrevi uma carta no final de 2015 para Ele, pedindo que me guiasse no curso que eu fosse fazer. E, por ter me sustentado até aqui. Muito obrigada!! São tantas bênçãos que eu não posso contar!!

Aos meus pais, por terem me apoiado mesmo quando eu quis trocar de curso, e ter sido um impacto para eles essa mudança. Vocês são demais!! Obrigada por acreditarem em mim. Vocês serão sempre a minha casa, o lugar onde eu sei que eu posso voltar.

Agradecer a minha companheira de quarto, de aventura, minha irmã, que veio junto comigo para essa aventura, que se chama Barreiras. Obrigada pelo apoio e por acreditar em mim sempre.

Agradecer aos meus pastores Daniela e Claudio por me ajudarem a trilhar este caminho até aqui, por todos os conselhos, puxões de orelha e pelos seus direcionamentos. Vocês são minha referência!!

Aos meus amigos que estiveram comigo em todo este tempo.

A minha orientadora, Mayara, não tenho palavras para dizer o quanto você foi importante, não só na construção deste trabalho, mas como profissional e pessoa. Definitivamente, você é a minha referência e inspiração de professora. É aquela famosa frase: “quando eu crescer, quero ser igual a você”. Obrigada por tudo, pelo apoio, pelos conselhos e por acreditar também em mim. Você e o meu querido coorientador Alan levarei por toda a vida no coração.

Aos meus colegas de turma e aqueles que trilharam junto este caminho. Obrigada por me aturarem, por me ajudarem sempre quando eu pedi ajuda.

A todos os meus professores que foram essenciais para a minha formação.

E, por fim e não menos importante, a UFOB. Obrigada por tanto e por ter me dado subsídios para me manter em todo este percurso. As universidades federais ainda promovem o progresso da ciência, da pesquisa e da extensão. Não desistirei de vocês!!

Obrigada a todos. Amo vocês!!

RESUMO

Os polímeros, em especial, os plásticos são usados em todo o mundo e em, praticamente, todas as coisas com as quais temos contato. Por serem na maioria, materiais não-biodegradáveis, é necessário um elevado período para que ocorra a sua degradação, provocando um dos problemas atuais, que é o descarte dos resíduos plásticos. Nesse sentido, tem sido realizadas inúmeras pesquisas científicas que visam possibilitar a produção de polímeros com diversas aplicações tecnológicas, mas que também minimizem os prejuízos ao ambiente ou que permitam utilizar os resíduos plásticos já produzidos. À medida que a sociedade tem acesso a essas pesquisas, possibilita-se a ampliação de sua participação nas tomadas de decisão que impactam a sua vida. Dessa forma, a divulgação científica possibilita a utilização de recursos que aproxima a comunicação entre os cientistas e a população e um dos meios para esse alcance é a partir do uso de Textos de Divulgação Científica, visto que eles apresentam uma linguagem mais próxima da utilizada no cotidiano das pessoas. Pensando nisso, a revista Ciência Hoje (CH) fornece aos leitores Textos de Divulgação Científica relacionados aos diversos ramos da Ciência e Tecnologia. Dessa forma, no presente trabalho, foram analisados os Textos de Divulgação Científica da revista CH com a temática polímeros e plásticos. Nele, fizemos um levantamento dos textos disponibilizados na revista CH, no site Periódicos CAPES e no acervo online da revista, considerando, como parâmetro cronológico, o período entre 2011 e 2021, que apresentavam em seu título ou resumo a temática plásticos e/ou polímeros. Depois, observamos o perfil profissional dos autores que escrevem os Textos de Divulgação Científica da revista sobre essa temática. Após a busca, foi identificado apenas um Texto de Divulgação Científica elaborado por cientistas da área específica. Em seguida, foi realizada a análise das potencialidades deste texto como material didático baseado nas categorias de análise propostas por Ferreira e Queiroz (2011), com base nas dimensões conteúdo e forma. Os resultados mostraram que o texto identificado é um material potencialmente didático, mas que apresenta lacunas a serem supridas com relação à linguagem, história da ciência e os recursos visuais e textuais. Para tanto, como proposta, foi elaborado um texto de divulgação científica sobre a temática plásticos que visa contemplar as categorias estabelecidas.

Palavras-chave: Textos de divulgação científica; polímeros; plásticos; Ciência Hoje

ABSTRACT

Polymers, in particular plastics, are used all over the world and in almost everything we come into contact with. As they are mostly non-biodegradable, a period is necessary for degradation to occur, causing one of the current problems, which is the disposal of plastic materials. In this sense, numerous scientific researches have also been carried out that allow the production of applications with several technological applications, but that minimize the models projected to the environment or that allow the use of existing plastic objects. It is to these measures that society's decision-making has had the impact of its life-making. In this way, scientific dissemination enables the use of resources that bring communication between scientists and the population closer together, and one of the means to achieve this is through the use of Scientific Dissemination Texts, since they present a language closer to the use in the people's daily lives. With this in mind, *Ciência Hoje* (CH) magazine provides readers with Scientific Dissemination Texts for the various branches of Science and Technology. Thus, in the present work, the Scientific Dissemination Texts of the CH magazine were analyzed with thematic polymers and plastics. Periodical, a survey of the texts available on the website Periodical, a survey of the texts available at CAPES and in the online thematic collection of the chronological magazine, considering the survey of the texts available in the period 2011 and 2021, which was presented in its period or abstract to plastics and/or themed content. Then, we observed the professional profile of the authors who write the Scientific Dissemination Texts of the journal on this theme. After a, only one Scientific Dissemination Text was identified by researchers in the specific area. Then, the analysis of the potential of this text as didactic material was carried out based on the categories of analysis proposed by Ferreira and Queiroz (2011), based on the content and form dimensions. The research results that the resources identified are presented are material gaps, but that suppress the surprise with the visual language, and textual. For that, as proposed a scientific text elaborated on the view to contemplate as proposed, proposed.

Keywords: Scientific dissemination texts; Polymers; plastics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação da difusão científica quanto à linguagem e ao público-alvo	15
Figura 2: Esquema elaborado com os critérios para análise das potencialidades didáticas de Textos de Divulgação Científica.....	19

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos polímeros	25
Quadro 2: Ranking da relação de países que produzem, incineram e reciclam lixo plástico	28
Quadro 3: Produção de jornalistas de divulgação científica sobre a temática polímeros presente na revista CH	35
Quadro 4: Apresentação geral dos autores	37
Quadro 5: Análise das características do Texto de Divulgação Científica “Nova Vida para os Resíduos Plásticos”	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Acrilonitrila-butadieno-estireno
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CH	Ciência Hoje
C&T	Ciência e Tecnologia
DC	Divulgação Científica
EM	Ensino Médio
EVA	Copolímero de etileno e acetato de vinila
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
PC	Policarbonato
PCL	Policaprolactona
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PET	Politereftalato de etileno
PHB	Polihidroxibutirato
PHB-HV	Polihidroxibutirato-co-valerato
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PS	Poliestireno
PP	Polipropileno
PU	Poliuretano
PVC	Cloreto de polivinila
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
TCT	Temas Contemporâneos Transversais
TDC	Textos de Divulgação Científica
WWF	Fundo Mundial para a Natureza

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1. Divulgação científica	13
3.2. Textos de Divulgação Científica	18
3.3. Polímeros e plásticos	23
4. METODOLOGIA	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. O Texto de Divulgação Ciência sobre a temática polímeros e plásticos da revista Ciência Hoje	35
5.2. Análise das potencialidades didáticas do texto sobre a temática polímeros e plásticos	39
5.3. Elaboração de um Texto de Divulgação Científica sobre a temática polímeros e plásticos, potencialmente didático	46
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
7. REFERÊNCIAS	54
ANEXOS	63

1. INTRODUÇÃO

Os polímeros, em especial, os plásticos têm uma grande relevância para a sociedade atual. Eles são usados em todo o mundo e praticamente em todas as coisas com as quais temos contato, são leves, resistentes, práticos e versáteis, com elevado tempo de duração, além de serem relativamente baratos.

Além disso, a maioria desses materiais são derivados de petróleo e, portanto, são considerados não-biodegradáveis, sendo necessário um elevado período para que ocorra a sua degradação, agravando um dos sérios problemas da sociedade atual, que é o descarte dos resíduos plásticos (CANGEMI; SANTOS; CLARO NETO, 2005). Atualmente, várias pesquisas científicas são realizadas para produzir polímeros que apresentem diversas aplicações tecnológicas e que minimizem os prejuízos ao ambiente, como a produção de polímeros biodegradáveis, originados de fontes naturais (BRITO, et. al., 2011; CANGEMI; SANTOS; CLARO NETO, 2005; FORTUNA, 2020).

Observa-se, desse modo, a relevância do trabalho dos pesquisadores e cientistas relativos às questões ambientais, sociais, políticas e econômicas. Conforme a sociedade tem acesso a essas pesquisas, possibilita-se a ampliação de sua participação nas tomadas de decisão em temas que impactam a sua vida. Nesse sentido, a divulgação científica passa a ter um papel de grande destaque, por tratar da utilização de recursos que favorecem a comunicação entre a ciência e a população (BUENO, 2010).

Um dos mais recentes assuntos a serem debatidos socialmente está relacionado com a pandemia da COVID-19, no qual inúmeros jornalistas, pesquisadores e cientistas utilizaram de vários meios de comunicação para divulgar as ações da ciência referentes à contenção do avanço do vírus SARS-COV-2, que tem infectado e matado milhões de pessoas ao redor do mundo. Nessa perspectiva, a divulgação científica contribuiu para que a sociedade tivesse acesso a estudos e resultados de pesquisas científico-tecnológicas, podendo tomar decisões que afetam suas vidas com base neles.

Existe uma variedade de meios que possibilitam trabalhar com a divulgação da ciência, dentre eles: jornais, revistas, programas de TV, internet (blogs, sites, canais de *YouTube*, dentre outros), museus e Centros de Ciência, parques ecológicos e

outros espaços de educação não-formal (BORIM; ROCHA, 2018). Alguns deles utilizam os Textos de Divulgação Científica (TDC), como no caso das revistas e jornais, por apresentarem uma linguagem flexível e mais próxima da utilizada no cotidiano das pessoas (GOMES, 2019).

Pensando nisso, a revista Ciência Hoje (CH) fornece aos leitores Textos de Divulgação Científica abordando diversas temáticas ligadas à ciência e tecnologia (C&T). Até junho de 2022, período em que foi desenvolvida a presente pesquisa, ela contava com um acervo de 388 edições, disponíveis também online, com inúmeros trabalhos de pesquisadores, tanto homens quanto mulheres, que contribuem para a divulgação do desenvolvimento da C&T no Brasil. Além disso, há uma versão voltada para o público infantil chamada Ciência Hoje das Crianças, com 334 edições.

Fundada em 1982, no Rio de Janeiro, a revista CH, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), tinha a intenção de não apenas divulgar as atividades científicas, mas também aproximar a comunidade científica brasileira do público, com trabalhos produzidos no Brasil (MOREIRA; MASSARANI, 2002). Atualmente, são publicados resultados de pesquisas feitas tanto no nosso país como no exterior.

Nesse contexto, considerando a importância da temática polímeros e plásticos e sua relação com questões ambientais, as problemáticas a ela relacionada e os impactos do desenvolvimento socioeconômico, surgiram algumas inquietações que motivaram o desenvolvimento da presente pesquisa: Quais as características dos TDC publicados pela Revista Ciência Hoje sobre a temática polímeros e plásticos? Estes textos são produzidos a partir de outras produções científicas dos autores? Nos TDC é feita apenas a simplificação da linguagem a partir de produções científicas voltadas para os cientistas? Cabe ressaltar que a presente pesquisa não possibilitará obter respostas a todas elas, porém, buscaremos investigar os Textos de Divulgação Científica escritos por especialistas/cientistas sobre a temática polímeros e plásticos a fim de reconhecer suas características e analisar suas potencialidades para serem utilizados como recursos didáticos.

A partir do exposto, foram propostos os seguintes objetivos da presente pesquisa.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Investigar os Textos de Divulgação Científica publicados por especialistas/cientistas sobre a temática polímeros e plásticos na revista Ciência Hoje, visando analisar as potencialidades didáticas dos Textos de Divulgação Científica sobre a temática utilizando as categorias propostas por Ferreira e Queiroz (2011) e, a partir disso, elaborar um Texto de Divulgação Científica que seja potencialmente didático.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar a frequência com que Textos de Divulgação Científica da Ciência Hoje sobre a temática polímeros e plásticos, pelos especialistas têm sido publicados nessa revista;
- Conhecer o perfil profissional dos autores especialistas na área que escrevem os Textos de Divulgação Científica da revista Ciência Hoje sobre a temática polímeros e plásticos;
- Categorizar os Textos de Divulgação Científica identificados sobre a temática polímeros e plásticos com base na análise proposta por Ferreira e Queiroz (2011) adaptado de Ribeiro e Kawamura (2005);
- Elaborar um Texto de Divulgação Científica sobre a temática polímeros e plásticos, a partir de características que o torne potencialmente didático.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Divulgação científica

O termo divulgação científica é definido por vários autores da literatura, sendo considerado polissêmico (ALBAGLI, 1996; MENDES, 2006; BUENO, 2010; CARIBÉ, 2015). Para este trabalho, usaremos a definição de Albagli (1996) e Mendes (2006), que entendem a divulgação científica como a propagação de informação científica ao público leigo em geral, através de processos e recursos técnicos, decodificando ou recodificando a linguagem especializada em outra não-especializada. Esse processo é feito para que o conteúdo seja acessível a um maior número de pessoas, como ocorre em Museus, Centros de Ciências e na mídia em geral.

Desde o século XIX, as atividades de divulgação científica são desenvolvidas no Brasil. Segundo Moreira e Massarani (2002), as atividades eram realizadas, principalmente por homens ligados à Ciência, como professores, médicos, engenheiros e por aqueles que desenvolviam atividades científicas, como os naturalistas.

Com o surgimento de novos meios de comunicação, tal como a fundação da primeira rádio brasileira em 1923, muitas expectativas foram geradas em relação à mudança que eles proporcionariam à situação educacional e a democratização social, no que tange a relação entre ciência e sociedade. Nesse sentido, o rádio, como meio para a difusão da ciência e cultura, permitiria uma transmissão de conhecimentos de forma barata, fácil, rápida e que atingiria as cidades mais distantes do país. Esperava-se com isso que muitas pessoas, inclusive as analfabetas, teriam acesso às informações científicas (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Cabe ressaltar que, inicialmente, as atividades de divulgação científica eram utilizadas para atender a necessidade de “marcar autoridade sobre o que (os cientistas) faziam” (MENDES, 2006 p. 16), isto é, legitimar as suas atividades junto à sociedade em conjunto ao processo de institucionalização e profissionalização da ciência.

Para tanto, os cientistas acreditavam que a tarefa de popularizar o conhecimento científico para a sociedade seria de sua responsabilidade, embora os jornalistas também desempenhassem esse papel. Dessa forma, a divulgação

científica passou a ser pensada e utilizada como uma possibilidade de traduzir a ciência em ações práticas e como um elemento que pudesse fomentar a mudança sociocultural passando a atuar na sociedade, no que tange à solução dos problemas sociais presentes no país (MENDES, 2006).

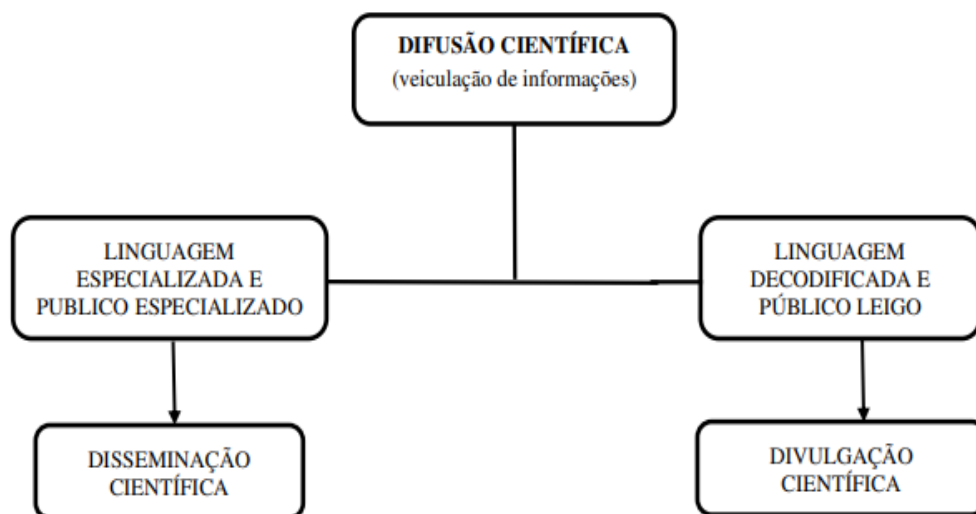
Com o processo de institucionalização da ciência, formou-se um novo padrão de comunicação científica, tanto na imprensa como em revistas científicas, contribuindo para o crescimento da comunidade científica. Deste modo, através dos diversos instrumentos de divulgação científica, a sociedade teria proximidade com a ciência e, os cientistas, teriam então a sua compensação social: reconhecimento público pelo trabalho que desempenhavam. Esse processo de institucionalização, segundo descreve Mendes (2006), refere-se ao processo de valorização das atividades científicas pela sociedade e pelas normas legais que controlam cada campo de atividade, segundo a realização dos objetivos e a autonomia diante de outras atividades.

Um ponto a considerar é a distinção que deve ser feita com relação a divulgação científica e a comunicação ou disseminação científica. Embora esses dois termos sejam atribuídos à difusão da informação da ciência, os seus aspectos e características são diferentes. Essa confusão, bastante presente nos trabalhos que discutem a veiculação de informações sobre ciência, denota a polissemia no uso desses termos (BUENO, 2010; FRANÇA, 2015).

Neste trabalho são usadas as definições propostas por Bueno (2010), que não apresenta tais termos como sinônimos sendo, portanto, divergentes, no que confere ao público-alvo, níveis de discurso, natureza dos canais ou ambientes e intenções de cada processo.

A comunicação científica ou disseminação científica tem como público, àqueles que apresentam formação específica, com códigos de linguagem próprios de sua formação, isto é, público especializado. Assim, devido a especificidade do grupo, a linguagem utilizada é mais técnica e formal, comparada à linguagem usada na divulgação científica, em que o público-alvo é o público leigo ou não especializado (BUENO, 2010). A Figura 1 mostra esquematicamente a relação da veiculação de informações com base na linguagem e no público-alvo no qual é destinado.

Figura 1: Relação da difusão científica quanto à linguagem e ao público-alvo



Fonte: Elaborado por Gomes (2019)

No que tange à natureza dos ambientes e canais, Bueno (2010) destaca que na comunicação científica são utilizados ambientes restritos como eventos técnico-científicos e periódicos científicos. Enquanto na divulgação científica, a veiculação das informações é realizada, também, através de programas veiculados na TV aberta brasileira, neste caso, sendo feita pelo jornalismo científico, além de palestras. Apesar dos canais serem similares, tanto da comunicação científica quanto da divulgação científica, o interesse de cada uma é diferente.

No entanto, um dos pontos que Bueno (2010) chama atenção é quanto a falta de capacitação de alguns jornalistas ou divulgadores, na maioria das vezes, em decodificar ou recodificar o discurso especializado. Muitas vezes, esses profissionais acabam promovendo a espetacularização da notícia, a fim de aumentar sua audiência em detrimento da precisão e da completude da informação. Além disso, devido à pouca interação entre os produtores de informações e a audiência, o processo se reduz a mera transmissão de informações.

Vale considerar que os jornalistas e divulgadores estão inseridos em culturas profissionais que contemplam a abordagem ciência e tecnologia (C&T) de forma diversa, por conseguinte, o processo de decodificar o discurso especializado ou ressignificar os conteúdos especializados podem ser incompreendidos por eles. Por outro lado, os pesquisadores ou cientistas apresentam restrições quanto ao

sensacionalismo e as alterações que comprometem as suas declarações na imprensa (BUENO, 2010).

Conforme a relação entre fontes e públicos se torna mais direta no processo de divulgação científica, a exemplo de palestras, a qualidade das informações é mais preservada. Isso porque elas permitem um maior diálogo com a fonte de informação e o público, favorecendo uma maior interação do que, a exemplo, nos programas de TV realizados por jornalistas científicos. Apesar disso, muitos pesquisadores e cientistas sentem dificuldades em se comunicar com o público leigo, tendo em vista a mudança que precisa ser feita no nível do discurso e/ou simplificação de certos processos ou conceitos, com o que nem sempre concordam (BUENO, 2010).

Concernente aos níveis de discursos realizados na divulgação científica, a linguagem utilizada é elaborada, de modo que, o público entenda o que está sendo discutido. Um dos problemas que pode surgir refere-se aos baixos níveis de alfabetização científica. Conforme explica Bueno (2010), isso dificulta a compreensão da maioria das pessoas:

O público leigo, em geral, não é alfabetizado cientificamente e, portanto, vê como ruído – o que compromete drasticamente o processo de compreensão da C&T – qualquer termo técnico ou mesmo se enreda em conceitos que implicam alguma complexidade. Da mesma forma, sente dificuldade para acompanhar determinados temas ou assuntos, simplesmente porque eles não se situam em seu mundo particular e, por isto, não consegue estabelecer sua relação com a realidade específica em que se insere (BUENO, 2010, p. 3).

A partir dessa possibilidade de entendimento das informações científico-tecnológicas e da análise crítica delas, a divulgação científica pode contribuir para que a comunidade estabeleça a relação dos conhecimentos com a realidade em que estão inseridos. Portanto, saber utilizar a linguagem de forma adequada e decodificada, ao falar sobre ciência com a sociedade contribui para a alfabetização científica dos indivíduos e pode ampliar o papel social da divulgação científica.

A medida que os indivíduos são alfabetizados cientificamente, é favorecida a democratização dos saberes e compreensão dos valores da relação ciência-tecnologia, além de fomentar a inserção política desses indivíduos nas tomadas de decisões (GOMES, 2019).

Assis, Machado e Silva (2018) acreditam que cada pessoa pode apresentar níveis de alfabetização científica distintos, isso é, mais ou menos condições de leitura

e modificação consciente do seu entorno e a si próprios, a partir da interação com o conhecimento e os procedimentos científicos. Chassot (2003), ao considerar a ciência como uma linguagem, ressalta que uma pessoa alfabetizada cientificamente é capaz de ler esse tipo de linguagem e, a partir dela, explicar os fenômenos naturais.

Para Sasseron e Machado (2017), a alfabetização científica permite uma interação dos indivíduos com uma nova forma de ver o mundo e seus fenômenos através da cultura científica. Nesse sentido, os indivíduos não precisam conhecer profundamente sobre as ciências, mas apresentar um amplo conhecimento dos diversos campos delas e saber como esses conhecimentos são aplicados em seus cotidianos. Dessa forma, não só a linguagem utilizada no processo de divulgação científica é importante, como também o nível de alfabetização científica que os indivíduos apresentam. Com isso, cabe aos divulgadores da ciência o papel de se comunicar adequadamente com o seu público-alvo.

Apesar da comunicação científica e da divulgação científica serem termos diferentes, existem alguns pontos em que elas convergem. Segundo França (2015), ambas apresentam uma relação de interdependência, apresentam interesses comerciais, políticos, militares, dentre outros, os jornalistas/divulgadores e pesquisadores/cientistas produzem textos ou reportagens para publicações em conjunto. E, por fim, a comunicação científica pode contribuir para estimular o processo de divulgação científica, à medida que aquela esteja devidamente recodificada e retrabalhada.

Sabe-se que um dos maiores desafios com relação à ciência é quanto a sua neutralidade, isso é, a percepção de que a ciência é uma verdade absoluta, irrefutável. Nessa perspectiva, a divulgação científica contribui para a erradicação desses mitos da ciência e revela os limites e potencialidades da atividade científica. Dessa forma, o cidadão comum entende que aquilo que apresenta uma comprovação científica, na verdade, está sujeito de limitações do próprio modelo e é isso que o faz ser científico (GOMES, 2019).

Além disso, a divulgação científica contribui na discussão dos problemas relacionados a fenômenos estudados cientificamente e estimula a curiosidade científica enquanto atributo humano. Possibilita o desenvolvimento da consciência do cidadão em relação às questões sociais, ambientais e econômicas que envolvem o desenvolvimento científico e tecnológico (ALBAGLI, 1996). E, portanto, fornece à

sociedade uma maior possibilidade de participação em processos decisórios de políticas públicas e na escolha de opções tecnológicas com maior qualidade.

Gomes (2019) descreve, em sua tese, que a divulgação científica pode aproximar as atividades científicas da população, de modo que, a população conheça não apenas os conhecimentos científicos, mas também os pressupostos, valores, atitudes, linguagem e funcionamento da ciência e tecnologia. E, com isso, pode proporcionar à sociedade possibilidades de os sujeitos exercerem a subpolítica, isto é, participarem das decisões inerentes à ciência.

De acordo com Sasseron e Machado (2017), conforme os indivíduos se apropriam dos saberes próprios da Ciência, são capazes de tomar decisões fundamentadas a respeito de situações vivenciadas no cotidiano e que, segundo Bueno (2010) tem grande impacto em sua vida e trabalho, a exemplo, temas como transgênicos, mudanças climáticas, energias renováveis, células tronco, dentre outros.

Muitos são os caminhos para se trabalhar a divulgação científica na sociedade, dentre eles estão os centros e museus da ciência, programas de TV, internet (blogs, *sites*, canais de *youtube*), documentários, e, ainda, textos voltados à divulgação científica, publicados em jornais, revistas e periódicos científicos, conforme discutiremos a seguir.

3.2. Textos de Divulgação Científica

Na literatura podem ser encontradas várias pesquisas sobre a utilização de Textos de Divulgação Científica (TDC) no ensino de ciências, especialmente, no que se refere ao ensino formal, apesar de estes não serem considerados materiais escolares (ROCHA, 2012; FERREIRA; QUEIROZ, 2012; SOUZA; ROCHA, 2017; NASCIMENTO; REZENDE-JÚNIOR, 2011). De acordo com os pesquisadores, os TDC contribuem para que os estudantes tenham acesso à informação, possibilitam a contextualização dos conteúdos, além de ampliarem as discussões acerca de questões voltadas a temas específicos da ciência e da tecnologia e que trazem impactos em suas vidas e em seus trabalhos.

Ainda nessa lógica, os TDC, segundo Ferreira e Queiroz (2011) podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades de leitura, domínio de conceitos e

de formas de argumentação. Os leitores familiarizam-se com termos científicos, a exemplo de clonagem, radicais livres, camada de ozônio, ultravioleta e efeito estufa, ou ainda, produção de alimentos transgênicos, pesquisas com células tronco, mudanças climáticas, fontes de energias renováveis, entre outros (SOUZA; ROCHA, 2017). Dessa forma, tem-se a relação dos conteúdos dados em sala de aula com a realidade dos alunos, de modo que eles consigam relacionar aquilo que aprendem dentro das escolas e o mundo ao seu redor.

Pensando no papel dos TDC em relação a seleção, caracterização e análise dos TDCs como potenciais recursos didáticos, Ferreira e Queiroz (2011) fizeram uso de instrumentos de análise baseado em categorias, partindo dos pressupostos dados por Salém e Kawamura (1999) e Ribeiro e Kawamura (2005), a partir de duas dimensões: conteúdo e forma. Abaixo, mostra o esquema resumidamente.

Figura 2: Esquema elaborado com os critérios para análise das potencialidades didáticas de Textos de Divulgação Científica



Fonte: Elaborado por Ferreira e Queiroz (2011)

No que se refere ao conteúdo, Ferreira e Queiroz (2011) fizeram uma análise geral para identificar quais os conteúdos principais dos artigos analisados e, a partir disso, classificaram em três subcategorias: Química, relacionada aos conteúdos que apresentam uma estrutura formal do conhecimento químico, no qual, geralmente é reproduzido nas escolas; Fronteiras, refere-se aos conteúdos que não fazem parte do sistema de ensino formal da química, mas que se relacionam com a disciplina; e

Temas Transversais, nos quais abordam valores relacionados à cidadania e tem como referência os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

Na análise específica, as autoras classificaram em: I) temática, que tem como questões tudo que envolve as investigações científicas atualmente; II) características das atividades científicas: procedimentos internos da ciência, isto é, se apresentam informações nos TDC com relação à elaboração e adequação de modelos, como são formulados os dados e como eles podem interferir nos resultados obtidos, ao papel da experimentação na ciência, como analisam e interpretam os resultados e como são explicitados em cada texto analisado; funcionamento institucional da ciência, as controvérsias científicas, variedade de ideias e necessidade de debate público concernentes às descobertas ou aplicações tecnológicas são explicitadas nos TDC; III) Abordagens e contexto, que está relacionada à contextualização social, política e econômica dos conteúdos abordados.

Quanto à forma, as categorias estabelecidas foram: I) estrutura, em que verificou-se que cada texto apresenta características distintas que variam de acordo com o veículo (jornal, revista especializada, revista de divulgação, entre outros); II) linguagens, se há clareza nos assuntos abordados no texto, utilização de termos e conceitos científicos, uso de metáforas e analogias e se facilitam ou dificultam a compreensão do texto pelo leitor; III) recursos visuais e textuais, como ilustrações e fotografias, boxes, notas de margens, pequenos textos no principal, dentre outros.

Salém e Kawamura (1999), ao pesquisarem as potencialidades das perguntas de leitores de publicações de divulgação científica a partir da sua contribuição para formulação de um conhecimento amplo e contextualizado, reuniram um conjunto de 641 perguntas. A partir disso, caracterizaram e analisaram as perguntas identificadas no intuito de observar as abordagens e aproximações de conteúdos de Física e suas fronteiras, que foram publicadas nas revistas Superinteressante (Abril), Ciência Hoje (SBPC) e Globo Ciência/Galileu (Globo), entre 1990 e 1999 e, com isso, estabeleceram categorias a partir da natureza das indagações.

As abordagens foram identificadas em seis categorias principais: a) conceitual, em que as perguntas são relativas a algum conceito, teoria ou fenômeno do conteúdo, sendo, geralmente, elaboradas a partir de um conhecimento científico prévio; b) cotidiana, cujas perguntas estão relacionadas com a vivência do cotidiano dos indivíduos; c) tecnológica, ao questionar sobre, na maioria das vezes, produtos,

artefatos tecnológicos e conhecimentos contemporâneos usados atualmente como computador, raio laser, telecomunicações, dentre outros; d) instrumental, no que se refere a medidas e grandezas físicas, que envolve dados quantitativos, procedimentos, instrumentos, unidades e grandezas de medida; e) histórica, em que se perguntam quando, onde, como, por quem tal teoria/conhecimento foi “descoberta”, explicada ou demonstrada, onde se originou determinado conhecimento/objeto, quem ou como foi nomeada determinada coisa; e por fim, 6) ambiental, que predomina as questões que envolvem os efeitos climáticos ou poluição ambiental.

O resultado da pesquisa indicou que a maioria das perguntas tem relação com a abordagem conceitual (33,5%), seguida da cotidiana (32,3%). Neste caso, as autoras discutem que tal fenômeno acontece por se tratar de conteúdos de Física Básica, abordados na escola ou nos livros didáticos. Porém, as autoras também destacam que, conforme essas questões são complementadas por outros aspectos, como o enfoque, objeto de interesse ou motivação (abordagem), há uma predominância em perguntas provenientes da vivência ou observação do cotidiano e mundo contemporâneo.

A partir disto, verificou-se que essas perguntas podem contribuir para oferecer uma maior abrangência aos conteúdos dados no ensino médio, possibilitando a discussão de novos temas e questões ou novos enfoques, articulando o conhecimento teórico com as situações contextuais, concretas ou cotidianas.

É importante ressaltar que no desenvolvimento de um TDC, de acordo com Fukui (2018), existem dois processos associados e concomitantemente, sendo esses considerados pela autora como indícios textuais que podem ser detectados nos textos e que precisam ser levados em consideração na produção de um TDC: a mudança discursiva e a alteração da identidade do público a qual é destinado. O primeiro adapta a linguagem acadêmico-científica para a linguagem popular. O segundo refere-se a mudança identitária do público destinatário, isto é, o público especializado para um público leigo que deve ser considerado no comportamento discursivo do produtor do texto.

Para tanto, diversas estratégias textuais podem ser feitas em um processo de recontextualização, que se dá a partir da transformação das informações complexas (linguagem técnica) para àquelas que possibilitam a compreensão e relevância para os diferentes tipos de leitores/ouvintes. Uma dessas estratégias textuais é o uso de

anáforas, pois, segundo a Fukui (2018), possibilita uma retomada de um mesmo conceito ou uma reconstrução do conceito feita de inúmeras formas, no decorrer do texto. Assim, pode possibilitar ao leitor o caminho para transpor os seus conceitos prévios para conceitos científicos tendo a sua identidade modificada no processo.

Outras estratégias textuais podem também ser utilizadas nos TDC. Um estudo feito por Rocha e Vargas (2015) sobre a linguagem dos TDC na revista *Scientific American Brasil* mostra que grande parte dos textos analisados utilizam recursos de linguagem de comparação, seguido de analogias e metáforas, como forma de recontextualização do discurso científico para o discurso comum.

Zandonai (2012), ao analisar 73 Textos de Divulgação Científica na revista impressa *Ciência Hoje das Crianças* verificou que o uso da hponímia e hiperonímia é um excelente recurso textual que mantém as características significativas do objeto de discurso, além de possibilitar essa recontextualização.

Essas várias possibilidades de elaboração de TDC partem do pressuposto de que existe uma limitação em relação à linguagem científica e à linguagem comum. Ambas são divergentes quanto aos sentidos simbólicos atrelados a elas (MONDADA, 2002). De modo que, quando não existe o processo de recontextualização no texto, o público destinado não é capaz de entender os enunciados que trazem as informações científicas, pois não consegue interpretá-los.

Segundo Maingueneau (2004), os sentidos dos enunciados só podem ser interpretados de forma adequada se forem os mesmos pelos quais o receptor deve decifrar, conforme se utilizam os mesmos códigos. Quando isso ocorre, o leitor reconstrói os seus sentidos, através das indicações presentes em cada enunciado do texto, mesmo que nem sempre aquilo que ele reconstrói é a representação proposta pelo locutor. Porém, quando o leitor compreende o enunciado possibilita a formulação de hipóteses, raciocínio e construção de contextos que não foram previamente estabelecidos (MAINGUENEAU, 2004).

Nesse sentido, a Fukui traz algumas inquietações sobre as diferenças dos sentidos da linguagem comum e da linguagem científica, no sentido de “como situar e descrever a linguagem usada na divulgação da ciência? Ou seja: será que ela está mais próxima da linguagem cotidiana ou da linguagem científica?” (p.614).

A partir destas questões pode-se refletir sobre o papel dos Textos de Divulgação Científica e como esse distanciamento entre a linguagem comum e a

linguagem científica pode ser minimizada por intermédio da divulgação científica. Segundo Fukui (2018), “a divulgação da ciência procura construir pontes sobre o vazio existente entre a linguagem do dia a dia e a linguagem da ciência, segundo as definições da referenciação” (p. 614).

Ainda, segundo a mesma autora, os Textos de Divulgação Científica proporcionam que os objetos de discurso científico sejam, de alguma forma, compreensíveis à linguagem cotidiana a partir de “uma negociação de sentido entre as definições rígidas da ciência e os termos cotidianos acerca de um mesmo objeto realizada ao longo do texto” (p. 621). Essa negociação se dá no entendimento de que as construções de sentidos ocorrem no desenrolar do texto e leva a uma construção referencial, no qual o produtor e o leitor tendem a se deslocar/ para um entendimento comum (FUKUI, 2018).

Diante disso, sabendo da relevância de TDC e das suas potencialidades para ampliarem o conhecimento de cada indivíduo, se bem empregados, seja no ensino escolar ou para outros públicos, um dos assuntos relacionados à questão ambiental que está presente em TDC é a temática plásticos, a qual será discutida neste trabalho.

3.3. Polímeros e plásticos

Desde a antiguidade, os seres humanos utilizam materiais poliméricos em seu cotidiano. De acordo com a história, os egípcios e os romanos foram os primeiros a utilizarem materiais resinosos e graxas para carimbar, colar documentos e vedar vasilhames. Em meados do século XIV, no período colonial, os espanhóis e portugueses encontraram em uma árvore nativa das Américas (*Havea Brasilems M*), um produto que apresentava alta elasticidade e flexibilidade a qual foi dado o nome de borracha, por ser capaz de apagar marcas de lápis (CANEVAROLO JR, 2006).

Em 1832, Berzelius criou a palavra polímero, do grego “poly” e “mer”, que significa muitas partes, para descrever os compostos com massas molares múltiplas diferenciando-os dos isômeros (“isomer”) que eram compostos de mesma massa molar, mas que apresentavam estruturas diferentes, a exemplo do acetileno e benzeno (MANO, 1999).

Em 1839, com o processo de vulcanização descoberto por Charles Goodyear, a borracha foi aprimorada, proporcionando maior elasticidade, não pegajosidade e

maior durabilidade, nas quais perduram até hoje. A partir dos trabalhos do químico alemão Christian Schönbien, em 1846, a nitrocelulose foi sintetizada, ao tratar o algodão com ácido nítrico, sendo posteriormente patenteada pelo inglês Alexander Parker em 1862 (CANEVAROLO JR, 2006).

O cientista alemão Hermann Staudinger, em meados de 1920, apresentou um trabalho que considerava a borracha natural e outros produtos de síntese, com estruturas químicas desconhecidas até então, como materiais que possuíam moléculas de cadeias longas, ao invés de agregados coloidais de moléculas pequenas como se acreditavam na época. No entanto, essa ideia só foi reconhecida definitivamente pelos cientistas em 1928 (MANO, 1999).

No período da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), houve um acelerado desenvolvimento dos polímeros sintéticos. A Alemanha, por exemplo, por ter suas fronteiras fechadas, não pode receber as borrachas naturais e, assim, desenvolveram a borracha sintética SBR.

Já no Brasil, os polímeros foram estudados pela professora Eloisa Biasoto Mano, em 1924, no Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Durante 60 anos, ela criou o primeiro grupo de estudos em polímeros no Brasil, liderando muitos alunos e trazendo enormes contribuições para os estudos no campo (CANEVAROLO JR, 2006).

Ainda no Brasil, na década de 1949, foi inaugurada a primeira fábrica de polímeros, em que se produzia o poliestireno (PS). Com a produção do PS, teve o surgimento em forma de espuma, o isopor. Em 1980, a produção de garrafas PET (politereftalato de etileno) se expandiu, ao produzir cerca de 2,5 bilhões de garrafas (RODRIGUES, 2012).

Mas, então, como se define polímero? Do grego *poli*, muitos e *mero*, unidades de repetição, define-se polímero como uma macromolécula composta por muitas unidades de repetição, chamadas mero, que são ligadas covalentemente. Os polímeros podem ser classificados em naturais ou sintéticos, pelo número de monômeros, método de preparação, estrutura química, fusibilidade e/ou solubilidade, comportamento mecânico do polímero e, ainda, grau de cristalização. O quadro 1 abaixo mostra a classificação, de modo geral, dos polímeros.

Quadro 1: Classificação dos polímeros

Critério	Classe dos polímeros
Origem do polímero	• Natural • Sintético
Número de monômeros	• Homopolímeros • Copolímeros
Método de preparação do polímero	• Polímero por adição • Polímero por condensação • Modificação de outro polímero
Estrutura química da cadeia polimérica	• Poli-hidrocarboneto • Poliamida • Poliéster • Etc.
Fusibilidade e/ou solubilidade	• Termoplástico • Termorrígido
Comportamento mecânico do polímero	• Borracha ou elastômero • Plástico • Fibra
Grau de cristalização	• Cristalino • Amorfo

Fonte: Mano (2004)

Segundo Mano (2004), os polímeros naturais foram utilizados, no início da década de 50, como base pelos pesquisadores na busca pelos sintéticos que apresentavam a mesma característica. Hoje em dia, a utilização industrial dos polímeros naturais está sendo repensada tendo em vista a preservação das condições de vida do planeta para as futuras gerações e de avanços na consciência ecológica da sociedade.

Com relação ao número de monômeros que contém na cadeia macromolecular, os polímeros podem ser classificados em homopolímeros e copolímeros (MANO, 2004). São considerados homopolímeros o polietileno (PE), o poliestireno (PS), polipropileno (PP), cloreto de polivinila (PVC) (PARENTE, 2006). Produtos que apresentam pequena quantidade (inferior a 5%) de comonômeros podem também ser considerado homopolímeros (MANO, 2004). Enquanto são exemplos de copolímeros aqueles constituídos de dois monômeros distintos, como o etileno-acrílico.

Em se tratando do método de preparação do polímero, ele pode ser classificado em polímeros de adição e polímeros de condensação (MANO, 2004). Os polímeros de adição são sintetizados à medida que se adiciona repetitivamente um mesmo monômero, até que haja a formação de uma macromolécula (RODRIGUES, 2012). Nos polímeros de condensação ocorrem uma reação em que, em geral, podem ser retirados moléculas de baixa massa molar, como ácido clorídrico HCl, H₂O, KCl dos monômeros. Além disso, existem outros métodos de preparação do polímero como a ciclização, abertura de anel, ou ainda, por modificação de outros polímeros através de reações químicas como hidrólise, esterificação, acetalização, dentre outras, que modificam as propriedades iniciais de maneira controlável (MANO, 2004).

Outra classificação de polímeros é voltada para a estrutura química da cadeia polimérica, ou seja, se refere aos grupos funcionais presentes na macromolécula, tais como poli-hidrocarbonetos, poliamidas, poliésteres, poliacetais, poliuretanos, dentre outros.

Há ainda a classificação a partir das características de fusibilidade e/ou solubilidade, neste caso, os polímeros podem ser classificados em termoplásticos e termorrígidos (MANO, 2004). Os polímeros termoplásticos são amolecidos com base na temperatura e pressão estabelecida, permitindo ser remoldado. Desta forma, eles fundem ao ser aquecidos e se solidificam no resfriamento em um processo reversível. Diferentemente dos polímeros termofixos que não podem ser remoldados no aquecimento, pois formam uma estrutura reticulada, com ligações cruzadas, impossibilitando a fusibilidade. De modo geral, os termofixos são mais resistentes e rígidos comparados aos termoplásticos (MANO, 2004; PARENTE, 2006; DE PAOLI, 2008).

Além disso, os polímeros podem ser classificados pelo grau de cristalização, isto é, são semicristalinos ou amorfos (MANO, 2004; PARENTE, 2006). Em sua maioria, os polímeros são constituídos de estrutura amorfa ou parcialmente cristalina, sendo que na primeira as moléculas constituintes estão desordenadas, enquanto na segunda, existe uma ordenação tridimensional.

São considerados materiais cristalinos os polímeros que apresentam arranjos cristalinos regulares e com um padrão de repetição de grupos atômicos ou moleculares, a depender da estrutura química, do peso molecular e do tratamento físico (temperatura, tempo e força) (MANO, 2004). Devido a essas características, o

seu ponto de fusão é bem definido, o que possibilita uma vantagem para a indústria, no que se refere ao controle da matéria prima durante o processo de fabricação. Uma das desvantagens, no entanto, é que esses materiais se contraem ao passar pela etapa do resfriamento (PARENTE, 2006).

Os materiais macromoleculares podem ser divididos com base em seu comportamento mecânico, em três grandes grupos: borrachas, plásticos e fibras. A borracha (ou elastômero), é um material que apresenta elasticidade em faixa muito larga (com o limite do módulo elástico de 10^1 a 10^2 psi, $1 \text{ psi} = 7 \times 10^3 \text{ Pa}$) à temperatura ambiente (MANO, 2004).

O plástico, originado do grego *plastikos* que significa, “próprio para ser moldado ou modelado” (CANGEMI; CLARO NETO, 2006), apesar de ser sólido no estado final, no processo se torna fluido e moldável devido ao calor e a pressão que é submetido. Já as fibras são macromoléculas lineares, com pequena faixa de extensibilidade, assim como os plásticos são parcialmente reversíveis e em alguns casos não são fusíveis (MANO, 2004).

Em se tratando dos plásticos que fazem parte do viés do trabalho, sabe-se que esses materiais são usados em todo mundo, praticamente em todas as coisas com as quais temos contato, como embalagens, bolsas, garrafas, filmes, luvas descartáveis, entre outros, e devido a isso sua produção têm crescido consideravelmente. Em 2018, foram produzidos um total de 359 milhões de toneladas métricas (t) de plásticos em todo o mundo (GARSIDE, 2020).

Nesse sentido, a quantidade de resíduos desse tipo de material também tem crescido muito ao longo dos anos. A embalagem é uma aplicação que expandiu de forma rápida devido a utilização de recipientes descartáveis em detrimento dos reutilizáveis. Com isso, houve um aumento de menos de 1% na participação de plásticos nos resíduos urbanos (em massa) em 1960 para mais de 10% em 2005 em países que têm renda média e alta (GEYER, et. al., 2017). Em 2016, o mundo produziu cerca de 242 milhões de toneladas de resíduos plásticos, o que corresponde a 12% do total de resíduos sólidos (World Bank Group, 2018).

Segundo dados do estudo realizado pelo Fundo Mundial para a Natureza (sigla em inglês – WWF), publicado pelo G1, o Brasil é considerado o 4º país que mais produz resíduo plástico no mundo e é um também dos que menos recicla, já que apenas 1,2% reciclado, ficando abaixo da média mundial, que é de 9%. Estima-se

que, por semana, cada brasileiro produza 1 kg de resíduo plástico. O Quadro 2 abaixo mostra o ranking mundial.

Quadro 2: Ranking da relação de países que produzem, incineram e reciclam lixo plástico

País	Total de lixo plástico gerado	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

Fonte: Dado fornecido pelo WWF/Banco mundial (What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050), retirado do G1.

Segundo Geyer e seus colaboradores (2017), grande parte dos monômeros que são utilizados para produzir plásticos, como etileno e propileno, derivam de hidrocarbonetos fósseis e não são biodegradáveis. Esses plásticos sintéticos, por exemplo, podem apresentar um tempo de vida muito longo para serem totalmente degradados pelo meio ambiente (PESSÔA, 2019).

Dessa forma, ao invés de se decompor, se acumulam em aterros ou no ambiente natural. Somente em 2010 tiveram uma estimativa de 4 a 12 milhões de toneladas métricas (Mt) de resíduos plásticos produzidos em terra e que foram encontrados em todas as principais bacias oceânicas. Percebe-se, portanto, que os resíduos plásticos têm contaminado sistemas de água doce e habitats terrestres, bem como a contaminação ambiental com fibras sintéticas. (GEYER et. al., 2017).

Para minimizar esses problemas, diversas leis nacionais estão sendo implementadas, para reutilizar, reciclar, fazer uso de materiais biodegradáveis ou uso de materiais de fonte renováveis (CASTRO, 2019). No Brasil, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída através da Lei Federal 12.305/2010, descritos no art. 9º, a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos na seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A PNRS ainda aponta sobre a responsabilidade dos geradores de resíduos sólidos, que produzam resíduos sólidos através de suas atividades, incluindo nelas o consumo de forma direta ou indireta (BRASIL, 2010), o que mostra que todos têm grande contribuição para a mudança de hábitos e atitudes que envolve o gerenciamento e a gestão dos resíduos, sendo, portanto, um tema complexo e com necessidade de uma ação coletiva.

Em São Paulo, a Lei nº 15.374 de 2011 proíbe a disponibilização de sacolas plásticas descartáveis nos estabelecimentos comerciais do município de São Paulo. O intuito é fazer com que cada estabelecimento faça uso de sacolas reutilizáveis (SÃO PAULO, 2011). A partir do Decreto nº 55.827, essa lei foi regulamentada em 2015, ao estabelecer que as sacolas reutilizáveis devem atender as especificações dadas pela Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (SÃO PAULO, 2015).

Em Salvador, a Lei nº 8069, de 2011, obriga o uso de embalagens plásticas oxi-biodegradáveis (OBPs) nos estabelecimentos comerciais, para acondicionar os produtos dos consumidores. O Artigo 2º desta lei especifica que as embalagens devem degradar ou desintegrar por oxidação em fragmentos em um período de tempo especificado; biodegradar resultando em gás carbônico (CO₂), água e biomassa, esse produto não deve ser ecotóxicos ou danosos ao meio ambiente e os plásticos não devem trazer impactos negativos à qualidade do composto e do meio ambiente, quando compostado.

Os plásticos oxibiodegradáveis ainda não é um consenso na literatura com relação a sua biodegradabilidade. Um desses fatores, de acordo com Santos et. al. (2012), é que os OBPs apresentam uma limitação quanto a sua desintegração e biodegradação em aterros sanitários, que ocorre de forma parcial, ao estarem na superfície ou próximo a ela. Quando isso não ocorre, esses plásticos permanecem inertes, sem que haja o processo de biodegradação, ocupando espaço nos aterros como os plásticos convencionais.

Franchetti e Marconato (2006) descrevem quatro de estratégias mais utilizadas para tratar os resíduos plásticos: incineração, reciclagem, aterros sanitários e biodegradação. Com a incineração, ocorre uma diminuição rápida dos resíduos, cerca de 80% da quantidade de material descartado, porém possui um alto custo relativo aos fornos de aquecimento e da poluição, com a emissão de produtos tóxicos.

Segundo os autores, o PVC, por exemplo, ao ser incinerado, libera ácido clorídrico (HCl) na atmosfera que contribui para o fenômeno da chuva ácida.

A reciclagem, no entanto, faz uso do reaproveitamento de resíduos plásticos através de fusão e transformação para que possam ser utilizados comercialmente. Diminui a quantidade de resíduos sólidos, economiza matéria-prima e energia, aumenta a vida útil dos lixões e possui um alto rendimento do processo. Além disso, o material reciclado é 50% mais barato que o polímero virgem.

Os aterros sanitários são utilizados para colocar toneladas de plásticos, geralmente, em locais longe da cidade e prontos para receber um volume alto de matéria, no qual ficará exposto por um longo tempo ou será usado para queima e geração de energia. Já a biodegradação é fundamentada na modificação física ou química, provocada pela ação de microrganismos, sob condições de calor, umidade, luz, oxigênio e nutrientes orgânicos e minerais de forma adequada.

Uma outra forma de minimizar os impactos ambientais é através dos polímeros biodegradáveis. Os polímeros biodegradáveis são originados de fontes naturais renováveis, tais como milho, celulose, batata, cana-de-açúcar, ou ainda produzidos por bactérias através de pequenas moléculas como o ácido butírico ou o ácido valérico, formando o polihidroxibutirato (PHB) e o polihidroxibutirato-co-valerato (PHB-HV), ou derivados de fonte animal, a exemplo de quitina, quitosana ou proteínas (BRITO, et. al., 2011).

Há ainda aqueles que são formados a partir de fontes fósseis, petróleo, ou na mistura entre biomassa e petróleo. A policaprolactona (PCL), poliesteramidas, copoliésteres alifáticos e aromáticos são exemplos de polímeros biodegradáveis obtidos do petróleo. No entanto, os polímeros biodegradáveis de fontes naturais têm levado vantagem por causarem menos impacto ambiental, pelo balanço positivo de dióxido de carbono (CO₂) depois da compostagem, além de possibilitar a formação de um ciclo de vida fechado (BRITO, et. al., 2011).

A biodegradação ocorre pela ação de microrganismos de ocorrência natural como bactérias, fungos e algas (BRITO et al., 2011). O processo de biodegradação ocorre em duas fases, a despolimerização do plástico, no qual ocorre a quebra das ligações, formando oligômeros e depois, as macromoléculas são decompostas em cadeias menores, até chegar aos monômeros; e, a mineralização, que envolve a produção de água, sais minerais, novas biomassas e alguns gases como CO₂, CH₄,

N₂ e H₂. Esse processo acontece quando os fragmentos são pequenos o suficiente para serem transportados pelo interior dos organismos, onde eles são transformados em biomassa (DIAS, 2016).

De acordo com Dias (2016), existem três elementos essenciais para ocorrer o processo de biodegradação de polímeros: a) organismos: possibilitam o início da despolimerização ao desempenhar ações metabólicas específicas para sintetizar as enzimas e mineralizam os monômeros e oligômeros produzidos no processo; b) ambiente: temperatura, pH, presença de ativadores ou inibidores no meio, sais e umidade; c) substrato: estrutura do polímero, isso é, os tipos de ligação química, níveis de ramificação e de polimerização, distribuição de massa molar, cristalinidade, área superficial, dentre outros aspectos morfológicos dos polímeros.

Cangemi (2005) traz em seu trabalho dois plásticos biodegradáveis desenvolvidos no Brasil: o poliuretano obtido a partir do óleo de mamona e o polihidroxibutirato (PHB) obtido a partir do bagaço da cana de açúcar. O primeiro foi desenvolvido pelo Grupo de Química Analítica e Tecnologia de Polímeros do Instituto de Química de São Carlos da USP, coordenado pelo professor Gilberto O. Chierice, nos quais obtiveram uma espuma a partir do óleo de mamona, que é uma matéria-prima renovável e de origem natural. De acordo com o autor, o óleo de mamona é considerado um poliol poliéster natural, trifuncional derivado do ácido ricinoléico, com uma porcentagem de 89% na composição do óleo. Esse polímero tem sido estudado na medicina, como cimento ósseo utilizado para recuperar falhas ósseas e material para confecção de próteses.

O plástico biodegradável feito a partir do bagaço da cana foi desenvolvida pela divisão de Química do Agrupamento de Biotecnologia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em que utilizam a ação de bactérias que se alimentam do bagaço para sintetizar dentro de si, o PHB, utilizado em fabricação de vasos, colheres e sacolas plásticas, dentre outros.

Em contrapartida, Fortuna (2020) salienta que a utilização de recursos naturais para a produção de biopolímeros é limitada e a biomassa empregada como matéria-prima demanda de áreas agrícolas e água que devem ser utilizados de forma sustentável para evitar o uso excessivo e uma produção que não gere impactos negativos. Além disso, os bioplásticos possuem maiores custos comparados aos plásticos convencionais de origem fóssil.

Diante disto, percebe-se a relevância de discutir os materiais poliméricos e seus impactos sociais, ambientais e econômicos na comunidade. Cabe ressaltar que essa temática tem sido trabalhada no ensino formal nos últimos anos (LIMA; SILVA, 1997; SILVA et. al., 2001; SANTA MARIA, et. al., 2003; OLIVEIRA, 2018), geralmente, relacionada a questões ambientais, possibilitando discussões sobre políticas públicas e contribuindo na conscientização desses indivíduos. Dessa forma, tem-se a ampliação da participação da sociedade à medida que está ciente dos riscos e benefícios das atividades que as envolvem.

4. METODOLOGIA

O presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa qualitativa. A pesquisa qualitativa, conforme propôs Minayo (2001), remete-se a uma gama de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes referentes às relações, aos processos e fenômenos que não podem ser quantificados e apresenta aspectos da realidade, compreendendo e explicando as relações sociais e a sua dinamicidade (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Como escopo do trabalho, foram escolhidos os artigos disponibilizados na revista Ciência Hoje (CH), o que caracteriza a pesquisa como sendo de natureza documental, que engloba documentos como livros, jornais, papéis oficiais, registros estatísticos, fotos, discos, filmes e vídeos. Busca-se analisar esses materiais de modo a investigar um determinado fato ou fenômeno (GIL, 2008). A pesquisa documental permite um conhecimento mais objetivo da realidade, identifica as mudanças na população, na estrutura social, nas atitudes e valores sociais, dentre outros, e são de baixo custo (GIL, 2008).

A escolha da Ciência Hoje se deu por ela ser uma revista de caráter de divulgação científica, que tem como objetivo a democratização da ciência e a integração das atividades de divulgação como parte do cotidiano dos pesquisadores dos diversos ramos da pesquisa científica. Além disso, é uma revista bastante utilizada como instrumento de análise na literatura, em diversos aspectos, principalmente, quando relacionados ao seu uso na educação formal (BORIM; ROCHA, 2018; FERREIRA; QUEIROZ, 2011). Vale destacar que os textos da revista CH são

utilizados como leitura complementar em salas de aula autorizadas pelo Ministério da Educação (MEC).

Para a concretização deste trabalho, a pesquisa foi dividida em três etapas: 1) levantamento dos textos disponibilizados na Revista Ciência Hoje, nos Periódicos da CAPES e no acervo online da revista, considerando como parâmetro cronológico o período de 2011 a 2021 e que apresentam em seu título ou resumo a temática plásticos e/ou polímeros; 2) observar o perfil profissional dos autores que escrevem os Textos de Divulgação Científica da revista sobre essa temática; e 3) analisar as potencialidades dos textos como recursos didáticos baseado nas categorias de análise propostas por Ferreira e Queiroz (2011) sobre os Textos de Divulgação Científica, com base nas dimensões conteúdo e forma.

Levando em consideração a estrutura da revista CH, foi determinada a busca por textos que tenham sido elaborados por cientistas nos últimos 10 (dez) anos. A partir da busca no título e resumo dos textos, foi possível encontrar apenas um deles escritos por pesquisadores do campo com o tema principal: plásticos. Cabe ressaltar que outros TDC traziam a temática, porém de forma corrida e não a tratando como assunto principal. Devido a este fator, esses textos não foram levados em consideração para este trabalho.

Em seguida, foi analisado quem são os autores: são pesquisadores da área ou jornalistas científicos? Apresentam trabalhos sobre esse tema? O artigo na revista é uma tradução dos seus trabalhos com uma linguagem mais acessível? Tais questionamentos buscaram conhecer o perfil profissional dos autores e suas atividades na divulgação científica.

Após a resposta a tais questionamentos, deu-se início a terceira etapa, que foi a de verificar as potencialidades do texto de divulgação científica identificado enquanto recurso didático e, em seguida, elaborar um texto de divulgação científica que abrangesse todos os aspectos analisados de acordo com as categorias sugeridas por Ferreira e Queiroz (2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revista Ciência Hoje tem como marco inicial o ano de 1982, após integrantes da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) tomarem a decisão de criar a primeira revista de divulgação científica do país. Pioneira na ideia de popularização da ciência, o objetivo da revista era contribuir para a democratização do conhecimento científico, possibilitando um debate mais amplo acerca da ciência e de seus impactos sociais. Não obstante, objetiva tornar a atividade de divulgação parte integrante do cotidiano dos pesquisadores e de suas responsabilidades profissionais e sociais (CIÊNCIA HOJE¹, 2020).

Um ponto importante de discussão é que, ao longo do tempo, conforme a relevância da revista foi ganhando maiores proporções, o Ministério da Educação (MEC) adicionou uma série de livros destinados ao ensino de ciências – a Ciência Hoje na Escola. Em 1991, a série passou a ser distribuída em todas as instituições públicas do país, servindo como leitura complementar a ser utilizada em salas de aula. Atualmente, apesar do acesso da revista fora dos espaços escolares ser restrito a assinantes, parte dos textos publicados na revista podem ser acessados gratuitamente no site do Instituto Ciência Hoje (ICH).

Em 2016, houve uma descontinuidade da revista, sendo retomada apenas em maio de 2018. Por um tempo, a CH passou a não ser veiculada como revista física, mas 100% digital e multiplataforma, mas, hoje em dia, retornaram com o método físico de veiculação, segundo o próprio site do ICH. Ainda de acordo com o site, a decisão de manutenção da veiculação via rede foi tomada tendo em vista o contexto atual de crescente proliferação de informações falsas, imprecisas e mal-intencionadas, necessitando uma intensificação na veiculação da DC via *internet*.

Um dos maiores desafios da revista tem sido relacionado à linguagem adequada para se comunicar com o público-alvo. Os textos precisam ser claros e acessíveis ao público não especialista, de modo a revelar a ciência como algo atrativo e compreensível, ao invés de apenas uma simplificação. Nesse sentido, atualmente, a CH conta com jornalistas e pesquisadores que integram o corpo de edição da revista.

No site da CH, as seções são divididas em: *Editorial; Na tela; Pequenas perguntas, grandes questões; Outras palavras; Ciência e cultura pop; Geoinformação;*

¹ Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/instituto/historia/>

Mulheres na ciência; Tecno saúde; Literária; Infinitas possibilidades; Entrevista; Artigos; Desvendando o cosmos; Resultados imediatos; Bastidores da ciência; Qual é o problema; Alternativamente; Ciência e esportes; dentre outras.

Nesse sentido, tendo como propósito investigar as contribuições desses textos para a divulgação científica, a seguir, discutiremos especificamente as características daqueles que tratam da temática polímeros e plásticos e que foram escritos por especialistas.

5.1. O Texto de Divulgação Ciência sobre a temática polímeros e plásticos da revista Ciência Hoje

A partir da análise dos acervos da revista CH e dos critérios de inclusão/exclusão descritos na metodologia, foi identificado apenas um Texto de Divulgação Científica², no qual era abordado a temática plásticos, escrito por especialistas da área.

Assim, infere-se que poucos pesquisadores/cientistas têm publicado textos nessa linha de pesquisa em caráter de divulgação científica. Por outro lado, pode ser verificada uma frequência muito maior de jornalistas produzindo TDC com essa temática, nas edições da revista, conforme exposto no Quadro 3 abaixo.

Quadro 3: Produção de jornalistas de divulgação científica sobre a temática polímeros presente na revista CH

Edição	Volume	Ano	Autor	Título
287	48	Nov. 2011	Luan Galani	Polímeros em alta
305	51	Jul. 2013	Vitor Ribeiro	Proteção polimérica
308	52	Out. 2013	Mariana Rocha	De olho no lixo
316	53	Jul. 2014	Marcelo Garcia	Biofábricas a pleno vapor no país
318	53	Set. 2014	Isadora Vilardo	Simplicidade e eficiência
319	54	Out. 2014	Marcelo Garcia	Alternativa para o sertão
326	55	Jun. 2015	Cássio Leite Vieira	Oceanos plastificados
330	55	Out. 2015	Cássio Leite Vieira	Pela goela abaixo

² Foram considerados apenas artigos e textos completos, sendo suprimidas as seções: O Leitor Pergunta, Entrevista, Futuro cientista, Mundo de ciência.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

É importante ressaltar que, tanto os especialistas quanto os jornalistas, fazem parte de divulgadores que abrangem aspectos da ciência e tecnologia (CT) em suas produções. Contudo, eles podem entrar em divergências no que diz respeito a decodificação e recodificação do discurso especializado, tendo em vista que, segundo Bueno (2010), na visão dos especialistas, os jornalistas podem ser incapazes de fornecer informações mais precisas e completas acerca de determinado assunto. Isso ocorre porque, no processo de ressignificação de conteúdos, eles podem estes podem ser mal interpretados, isso é, passíveis de erros conceituais. Paralelo a isso, os especialistas podem ter dificuldade em se desprender da linguagem técnica para se apropriar da linguagem mais próxima do público-alvo que, por outro lado, é mais fácil para os jornalistas. Neste sentido, possibilitar a contribuição e a participação de ambos no processo de desenvolvimento de Textos de Divulgação Científica vale a pena ser considerado e discutido.

Com relação ao único texto sobre a temática polímeros que foi escrito por cientistas identificado nesta pesquisa, o texto “Nova Vida para Resíduos Plásticos”, foi publicado em 2019, na seção Resultados Imediatos, na edição 349 do site da CH (Anexo 1). Ele foi escrito pelos autores Juliana Vaz Bevilaqua, José Nicomedes Junior e Aline Machado de Castro e todos fazem parte do Centro de Pesquisas da Petrobrás. Abaixo, tem-se o Quadro 4 de apresentação com as principais informações sobre os autores, suas formações e áreas de pesquisa.

Quadro 4: Apresentação geral dos autores

Autor(a)	Formação	Atuação	Linhas de pesquisa
Juliana Vaz Bevilaqua	Graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Química	• Desenvolvimento de biocombustíveis de segunda geração	• Sustentabilidade para indústria do petróleo
José Nicomedes Junior	Graduação em Agronomia, mestrado em agronomia (Ciências do solo) e doutorado em ciências biológicas (Genética)	• Biocombustíveis	• Metabolismo e Bioenergética • Ciência do Solo • Genética Vegetal.
Aline Machado de Castro	Graduação em Engenharia química, mestrado em Tecnologia de processos químicos e bioquímicos; doutorado e pós-doutorado em Engenharia química	• Desenvolvimento, caracterização, produção e aplicação de enzimas em biorrefinarias e em biotecnologia de polímeros • Produção de bioprodutos para as áreas petroquímica (ácidos orgânicos e dióis) e de biocombustíveis	• Desenvolvimento de bioprocessos para produção de etanol por via enzimática a partir de amido • Desenvolvimento de processo para produção de etanol por via enzimática a partir de lignocelulose • Produção de lipases por fermentação no estado sólido e fermentação submersa • Síntese de biodiesel via catálise enzimática • Despolimerização de PET • Produção de biomoléculas para área petroquímica • Captura de CO₂

Fonte: Currículo lattes e escavador

A partir do Quadro 4, percebe-se que grande parte das produções bibliográficas dos autores têm sido relacionadas ao desenvolvimento de biocombustíveis e processos que envolvem enzimas. Já a autora Aline tem também trabalhos voltados para polímeros, em especial, sobre o polietileno tereftalato (PET), em colaboração com outros autores, inclusive com José Nicomedes (MALAFATTI-PICCA et. al., 2019; SALES et. al.; 2020; CARNIEL et al., 2020; DE CASTRO, 2017; CARNIEL, et al., 2016). Sendo assim, a Aline é a cientista que possui mais pesquisas relacionadas à temática.

Com relação ao TDC publicado na CH, o texto discute as pesquisas desenvolvidas pelo grupo da Petrobrás acerca dos PET descartados. Desse modo, verifica-se que o texto é uma exposição das pesquisas desenvolvidas pelo grupo e que são levados ao conhecimento do público leigo, isso é, aos leitores da revista, tendo em vista que esse texto em específico está restrito apenas aos assinantes.

É importante considerar que, segundo Bueno (2014), ao longo dos anos a quantidade de pesquisadores que tem produzido textos científicos tem aumentado consideravelmente. Isso se reflete no número de artigos que os autores do texto vêm produzindo. No entanto, apesar da relevância dos seus trabalhos para a sociedade, existe pouca frequência em publicações de Textos de Divulgação Científica por parte deles. Isso mostra que há uma necessidade de produção científica abarcando uma perspectiva que inclua aspectos como a cultura científica, compartilhada não só pelos elementos da comunidade científica, mas pela sociedade (BUENO, 2014).

Deste modo, percebe-se que o papel dos pesquisadores quanto a se comunicar com a sociedade, de acordo com os objetivos da divulgação científica, tem andado a passos muito pequenos e que ainda existe um longo caminho pela frente. E esses debates precisam ser levados em discussão no meio acadêmico a fim de estimular uma maior participação dos pesquisadores na propagação das informações científicas nesses meios de veiculação.

Com relação ao artigo, é discutido um dos maiores problemas ambientais enfrentados atualmente, que é o descarte dos PET, o que revela a grande importância da pesquisa para a sociedade. Nesse sentido, a pesquisa é relevante, em especial, por tratar de ações dos pesquisadores quanto à busca por soluções para minimizar os impactos negativos que esses tipos de materiais provocam.

Essa problematização é bastante pertinente em salas de aula, tendo em vista a possibilidade de dialogar com os conteúdos de química relacionados aos polímeros, suscitando uma maior participação dos estudantes nessas discussões e contribuindo para a alfabetização científica deles. A partir dessas leituras e discussões, pode ser possibilitado que eles se apropriem e apliquem os conhecimentos aprendidos no espaço escolar na sua realidade, promovendo a cultura científica (SASSERON; MACHADO, 2017).

A partir disto, no próximo tópico discutiremos as potencialidades didáticas do texto “Nova vida aos resíduos plásticos”. Isso é, se esse texto apresenta uma linguagem que possa ser compreendida por um público não especializado, quais foram os recursos utilizados, como o texto está estruturado a partir das categorias propostas por Ribeiro e Kawamura (2005) adaptadas por Ferreira e Queiroz (2011).

5.2. Análise das potencialidades didáticas do texto sobre a temática polímeros e plásticos

Para analisar as potencialidades didáticas do texto foi utilizado o instrumento de análise de Ferreira e Queiroz (2011), adaptado de Salém e Kawamura (1999) e Ribeiro e Kawamura (2005). Esse instrumento de análise consiste nas seguintes categorias: *conteúdo e forma*.

A categoria *conteúdo* é dividida em análise geral, que tem como objetivo identificar os principais conteúdos dos artigos e dividi-los em três subcategorias: química (remete ao conhecimento químico reproduzido na escola), fronteiras (relacionado aos conteúdos não tradicionais incluídos no ensino da química, mas que a ela se relacionam, exemplo, física) e temas transversais.

Atualmente, considerando que o documento que orienta as perspectivas curriculares do Ensino Médio (EM) é a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os temas transversais apresentam uma nova nomenclatura, a saber Temas Contemporâneos Transversais (TCTs). Eles são separados em seis microáreas temáticas: Meio Ambiente, Economia, Ciência e Tecnologia, Saúde, Multiculturalismo e Cidadania e Civismo. Os TCTs possibilitam a relação entre os diferentes componentes curriculares, de forma integrada, além de se conectar com a realidade dos estudantes (MEC, 2019).

Nessa perspectiva, o texto escolhido “Nova vida para resíduos plásticos”, que se encontra na seção *Resultados Imediatos* do site da CH, trata da divulgação de pesquisas feitas pelo centro de pesquisas da Petrobrás e os seus resultados até o período da divulgação do texto. Seu conteúdo está relacionado ao ensino formal de química, especificamente, na subárea Química Orgânica, na temática Polímeros.

Além de ser um assunto discutido em sala de aula, o texto pode ser trabalhado também em diálogo com outras áreas do saber, a exemplo de biologia, por se tratar de um texto que fala sobre enzimas e suas funções, além de outros assuntos de forma transversal, como consumo, educação ambiental, ciência e tecnologia.

Tal proposta dialoga com os documentos legais que orientam a educação no país, nos parâmetros que tratam da interdisciplinaridade e dos temas transversais nos currículos escolares (BRASIL, 1998). É importante ressaltar que a articulação desses saberes possibilita a formação crítica dos estudantes, como seres sociais

(NORONHA; ROTTA, 2020), de modo a contribuir para que as suas visões de mundo passem a ser reintegradas e contextualizadas, ao invés de fragmentadas.

Segundo Liberalino, Bezerra e Torres (2020), o trabalho com os temas contemporâneos transversais dentro das salas de aula, proporciona mais dinamicidade às aulas e, além disso, possibilita o desenvolvimento da oralidade e de expressão com relação aos inúmeros questionamentos ligados ao cotidiano dos educandos, tendo em vista a formação de cidadãos capacitados e passíveis de enfrentar os desafios com autonomia e segurança.

Considerando esses aspectos, a implementação de propostas no ensino de química com a utilização de TDC pode propiciar maior interação entre o professor e os estudantes acerca de assuntos que ultrapassam os objetos de conhecimento em si, conteúdos tradicionalmente ensinados em química, e que fazem parte de suas vivências em sociedade.

Com relação às análises específicas (temática; características da atividade científica; abordagem e contexto), o texto traz como temática a descrição da importância dos plásticos e levanta problemas ambientais acerca destes materiais e expõe dados relacionados à reciclagem de PET no Brasil. Em seguida, trata dos métodos de reciclagem já existentes, mas que trazem limitações em seu processo, apresentando algumas dificuldades relacionadas a qual enzima é utilizada para esse tipo de reciclagem.

O texto encerra falando sobre as novas pesquisas realizadas no grupo para reutilizar os resíduos PET, através da reciclagem biocatalítica, relatando de forma sucinta como ocorre o processo de reciclagem proposto, as suas vantagens e o andamento da pesquisa, além de mostrar a contribuição de outros pesquisadores para o prosseguimento do estudo. Seu último parágrafo é finalizado mostrando a relevância da pesquisa e seus impactos na sociedade.

Quanto à análise das características da atividade científica, são feitas algumas referências, tais como: i) procedimentos internos da ciência; ii) funcionamento institucional da ciência; iii) contribuições da ciência para a sociedade.

Com relação aos procedimentos internos da ciência, a forma como o artigo está escrito mostra o ponto de partida da pesquisa, a problemática levantada acerca da enorme utilização de materiais PET e a limitação dos métodos de reciclagem já

existentes. E que, a partir de estudos, foi possível desenvolver um método que, em primeira instância, seria mais vantajoso.

A reciclagem térmica do PET é uma tecnologia bastante difundida... Entretanto, [...], apresenta **limitação** [...]. O **estudo em andamento** na Petrobras **propõe** reutilizar resíduos de PET que hoje ainda são descartados e fazer sua **reciclagem biocatalítica** (BEVILAQUA et al., p. 1, 2019, grifo nosso).

Além disso, é ressaltado que o método proposto ainda está sendo testado em fase laboratorial. Essa perspectiva demonstra o conhecimento científico sujeito ao teste empírico, sendo passível de ser testado (PEDUZZI; RAICIK, 2020).

Atualmente, a pesquisa encontra-se em fase de otimização das condições de reação em **escala de bancada** [...] (BEVILAQUA et al., p. 2, 2019, grifo nosso).

O texto mostra também, de forma pontual, uma controvérsia científica ao descrever alguns métodos que têm sido desenvolvidos e que, apesar de promoverem a reciclagem, podem trazer malefícios ao meio ambiente.

Métodos de conversão química, como glicólise, alcoólise, hidrólise, aminólise e amonólise, também **vêm sendo desenvolvidos** com o objetivo de remover ou reciclar resíduos plásticos. **No entanto**, esses métodos geralmente **exigem alta temperatura** e podem gerar **poluentes ambientais adicionais** (BEVILAQUA et al., p. 2, 2019, grifo nosso).

Dessa forma, o artigo possibilita uma visão de ciência não dogmática ou fechada, cujo conhecimento científico está em progresso e que pode apresentar limitações, dificuldades a serem superadas (PEREZ et al, 2001). E isso é o que significa fazer ciência. O cidadão comum pode entender que, apesar de ter comprovação científica, o conhecimento está sujeito a limitações do próprio modelo, conforme pontuou Gomes (2019).

Um ponto a ressaltar é a ausência de história da ciência no decorrer do texto, pois não é feita nenhuma abordagem com relação ao contexto histórico do PET. Esse aspecto é importante no ensino de ciências para promover a humanização da ciência, mostrando-a como um processo e não um produto acabado, evitando que os estudantes tenham uma ideia reducionista da ciência (CALLEGARIO et al., 2015).

Em contrapartida, os autores apresentam a contribuição de outros pesquisadores, o que pode remeter uma visão da ciência como instituição colaborativa, dinâmica, ao invés de elitista e individualista, como produção de gênios

isolados, desligados da realidade, mas sim como trabalho coletivo e cooperativo, conforme descreve Perez *et al* (2001).

Com relação a contribuição da ciência para a sociedade, os autores do TDC expõem os impactos positivos de sua pesquisa relacionados ao meio ambiente e propõe que tal método pode contribuir com o problema de descarte dos PET, beneficiando a sociedade:

A **biodespolimerização abre perspectiva** [...] pois o que seria resíduo volta a ser matéria-prima. Dessa forma, **evita-se** o problema do **acúmulo** desse material **em lixões** ou no **meio ambiente**, [...] **diminuindo** a chamada **pegada de carbono** – a quantidade de carbono (gases de efeito estufa) emitida na atmosfera. (BEVILAQUA, et al., p. 2, 2019).

Nesse sentido, percebe-se uma preocupação dos autores em relação ao problema dos descartes dos resíduos PET para o meio ambiente. Contudo, uma questão que não é levado em consideração é quanto às medidas que devem ser adotadas com relação às mudanças dos hábitos que provocaram os problemas em questão.

Tal aspecto é percebido no texto ao não problematizar a origem e as consequências desse processo de produção e descarte dos PET, dificultando uma reflexão mais crítica e imbricada da situação, que se apresenta em uma maior complexidade do que se descreve. Nesse sentido, o texto pode distorcer o entendimento de não neutralidade e linearidade da ciência.

De acordo com Auler (2007), "o desenvolvimento científico-tecnológico não pode ser considerado um processo neutro que deixa intactas as estruturas sociais sobre as quais atua" (p.11). A ciência e tecnologia (C&T) não pode ser, exclusivamente, responsável pelos problemas relacionados ao mundo, sendo, portanto, necessário incluir as relações sociais em que a C&T é utilizada e produzida.

Pelo contrário, parte desse problema está relacionada com a população. Tendo em vista que, segundo Angotti e Auth (2001), as crenças e os valores determinam as atitudes e comportamentos dos sujeitos, pode-se perceber que, para grande parte da população, tem maior importância o acúmulo material e financeiro do que a conservação do ambiente. E diante disto, essa problematização pode ser uma entrada de discussão pelos professores em sala de aula com os estudantes, na promoção de debates e reflexão crítica acerca do envolvimento da sociedade nos processos que envolvem a C&T.

No que diz respeito a abordagens e contexto, o artigo aborda o tema de forma informativa e expositiva. Contextualiza os aspectos ambientais, sociais e políticos e mescla com os trabalhos de desenvolvimento da ciência,

sua **durabilidade** é também uma das principais causas de **problemas ambientais**, sobretudo, pelo **acúmulo de resíduos** gerados tanto em **ambientes terrestres quanto em oceanos** [...] No Brasil, o índice de reciclagem é significativamente mais elevado, mas ainda assim é enorme a quantidade de materiais descartados de forma inadequada... (BEVILAQUA et al., p. 1, 2019).

Além disso, o texto mostra as ações dos pesquisadores para minimizar os impactos negativos que esses materiais provocam no meio ambiente:

evita-se o problema do **acúmulo** desse material **em lixões ou no meio ambiente**, e **reduz-se** a demanda por novas **matérias primas** oriundas da **petroquímica**, diminuindo a chamada pegada de carbono [...] (BEVILAQUA et al., p. 2, 2019)

Nesse sentido, o TDC, mais uma vez contribui para mostrar que as atividades dos cientistas têm uma grande influência do meio físico e social em que nos inserimos (PÉREZ et al., 2001) estando vinculadas aos aspectos sociais, políticos, ambientais e econômicos, ao invés de desarticulados da realidade.

Análise quanto à forma

A categoria *forma* engloba a estrutura do texto, as linguagens e os recursos visuais e textuais. Com relação à estrutura, o texto é dividido em três tópicos, de forma que cada um deles se complementam. Nos primeiros parágrafos tem-se uma breve introdução, em seguida fala sobre os métodos de reciclagem e se encerra falando da reutilização dos resíduos PET. Deste modo, permite que o leitor consiga acompanhar os percursos do trabalho até o final e compreender, à medida que se debruça na leitura, a relevância que a pesquisa apresenta para a sociedade.

Em se tratando da linguagem, alguns termos científicos como despolimerização, microrganismos termófilos, pH, hidrólise, são explicados para melhor compreensão do leitor. No entanto, apesar do texto apresentar termos do cotidiano, como o termo “amigável”, que se aproxima da linguagem comum, ainda se percebe muito fortemente uma linguagem técnica bem enraizada no texto. Dessa forma, o texto se assemelha mais com artigos científicos do que com Textos de Divulgação Científica, sendo necessária a compreensão de alguns conhecimentos

básicos da química como polímeros, enzimas, resina, conversão química, para entendê-lo texto de forma mais satisfatória.

Uma das características de um TDC é a capacidade de dialogar com os leitores de forma mais interativa. No entanto, no texto analisado não são promovidos diálogos com o leitor, de modo a aproximar os conhecimentos científicos da realidade. Pelo contrário, as informações são colocadas sem que haja uma negociação, conforme Fukui (2019) discute, que possibilita um entendimento comum do produtor e do leitor para o mesmo texto e sem a mudança identitária no processo da escrita.

Nesse sentido, observa-se a dificuldade dos pesquisadores de transpor a linguagem científica para uma linguagem mais comum, a partir do uso de gêneros discursivos que podem propiciar melhor entendimento para os leitores que não têm acesso a informações que eles possuem. Isso dialoga com o que Bueno (2010) destaca sobre a dificuldade que os pesquisadores e cientistas apresentam em simplificar alguns processos e conceitos, no qual, muitas vezes, se faz necessário em Textos de Divulgação Científica, sem deixar de explicitar os termos científicos, que são importantes no processo da apropriação da cultura científica e, consequentemente, no aumento do nível da alfabetização científica.

Com relação aos recursos visuais e textuais, o texto está escrito em duas páginas, no qual o título se encontra em caixa alta, mas o destaque em negrito é do resumo, que descreve sucintamente do que se trata o artigo. Apresenta uma imagem, logo abaixo do resumo, de inúmeras garrafas PET, papelão e outros materiais que podem ser reciclados. O texto é dividido em subtítulos: métodos de reciclagem e reuso de resíduos PET. Faz uso de mais uma imagem também de garrafas PET, além de um box que destaca uma frase do texto acerca do método proposto pelo grupo de pesquisa.

Em relação aos recursos visuais, o artigo mostra duas imagens de garrafas PET, que pouco contribui para o texto, nas quais a presença delas não causam nenhum impacto para quem está lendo. Tendo em vista que o texto descreve sobre métodos de reciclagem, enzimas, seria interessante o uso de imagens acerca de tais aspectos, de modo a enriquecer não só o trabalho dos pesquisadores, mas possibilitar a compreensão dos leitores acerca do que se está lendo.

De modo geral, é importante entender que os TDC não foram escritos para fins didáticos, sendo necessário que o professor: a) planeje uma atividade didática ligada

à estratégia de leituras desses tipos de textos; b) introduza-os nas aulas de maneira diferente dos conteúdos tradicionais, por se tratar de linguagem, conteúdo, abordagens, discursos e estruturas diferentes; c) esteja preparado para o surgimento de questionamentos durante a utilização e discussão do texto; d) seja criterioso na escolha do TDC a ser utilizado, sendo associado aos objetivos que se pretende alcançar com o texto (GOMES, 2019).

Para melhor visualização, abaixo tem-se o Quadro 5 com as características do texto analisado, que avalia cada parâmetro trabalhado em conteúdo e forma, segundo três aspectos, sendo eles: enfatizado, parcialmente enfatizado e não enfatizado:

Quadro 5: Análise das características do Texto de Divulgação Científica “Nova Vida para os Resíduos Plásticos”

Instrumento	Características	Enfatizado/não enfatizado/parcialmente enfatizado
Conteúdo	Temática	Enfatizada
	Procedimentos internos da ciência	Enfatizada
	Funcionamento institucional da ciência	Enfatizada
	Abordagem e contexto	Enfatizada
	Contribuição da ciência para a sociedade	Enfatizada
	História da ciência	Não enfatizada
Forma	Estrutura	Enfatizada
	Linguagem	Parcialmente Enfatizada
	Recursos visuais e textuais	Parcialmente Enfatizada

Fonte: Adaptado de Araújo (2019)

Assim, “Nova vida para os resíduos plásticos” é um texto que, se bem empregado, tem grande potencial didático por trazer discussões que envolvem não só problemas atuais, como também apresenta aspectos da ciência passíveis de debates dentro das salas de aula, de modo a contribuir para uma visão mais apropriada da

ciência. É um texto que pode ser adaptado para uma linguagem mais voltada para o público leigo, sem provocar erros conceituais, explorando o uso de imagens que melhor se relacionam com o conteúdo abordado.

5.3. Elaboração de um Texto de Divulgação Científica sobre a temática polímeros e plásticos, potencialmente didático

Considerando as lacunas que o TDC da revista CH apresenta como material didático, como a história da ciência, linguagem, recursos visuais e textuais, foi proposto um texto de divulgação científica potencialmente didático, no qual abrange todos os aspectos analisados, de acordo com Ferreira e Queiroz (2011). Segue abaixo o TDC, que se acredita ser um ótimo instrumento didático para ser usado em aulas de química com a temática polímeros.

Plástico: vilão ou mocinho?

Por Caroline Santos das Virges

Garrafas, vasilhas, sacolas, copos descartáveis, luvas, máscaras, utensílios domésticos, embalagens... o que eles têm em comum? Você sabe?

Isso mesmo, atualmente uma grande parte desses produtos são feitos de plásticos! Eles estão bastante presentes em nosso cotidiano. Afinal, quem é que nunca usou esses produtos, seja em casa ou em qualquer outro lugar?!

Os plásticos começaram a ser produzidos em escala industrial desde 1950, mas entre os anos 2000 até 2016, o mundo já conseguiu produzir a mesma quantidade de plásticos que em todos os outros anos anteriores somados.

A sua produção cresceu rapidamente devido ao baixo custo, versatilidade, confiabilidade e apelo comercial, o que gera incentivo ao desenvolvimento de produtos de plásticos descartáveis, além disso, quase metade de todo o plástico vira lixo em menos de três anos. Mais de 75% de todo o plástico produzido já virou lixo! Cerca de 1/3 de plástico (100 milhões de toneladas) se tornou poluição de terra ou marinha e se não houver mudanças, estima-se que 104 milhões de toneladas de plástico irão para a natureza até 2030.

Com isso, devido ao seu enorme consumo, os plásticos têm gerado uma grande preocupação ambiental. Em sua grande maioria, esses materiais são derivados de substâncias presentes no petróleo (hidrocarbonetos fósseis) e, com isso a sua degradação ocorre de forma muito lenta (tempo de vida útil muito longo)

Dessa forma, ao invés de se decompor, eles se acumulam em aterros sanitários ou na natureza. Só em 2010, estima-se que 4 a 12 milhões de toneladas métricas (t) de resíduos plásticos produzidos acabaram entrando em ambiente marinho, contaminando as principais

bacias oceânicas. Cerca de 80% do plástico nos oceanos é proveniente da poluição terrestre. Nesse sentido, percebe-se que os resíduos plásticos têm contaminado não só os ambientes terrestres, mas também os aquáticos.

E como surgiram os plásticos?

Imagine um mundo onde pentes, botões e fivelas eram produzidos com cascos e cornos de gado? Ou ainda feitos por um material das presas dos elefantes?

Estranho, não é?!

Mas, era assim que grande parte dos artigos eram fabricados até a segunda metade do século XIX.

A utilização desse tipo de matéria-prima provocou a morte de milhares de animais na costa oeste da África, com a finalidade de atender a demanda das indústrias daquela época. Para solucionar o problema, economicamente falando, a empresa norte-americana *Phelan and Collander*, responsável por fabricar bolas de bilhar feitas de marfim (feitas das presas dos elefantes), ofereceu um prêmio de 10 mil a quem pudesse apresentar um substituto mais viável para o marfim.



Figura 2: Bolas de bilhar feitas a partir da presa do elefante. Fonte: Google Images

1

Esse cargo ficou para John Wesley Hyatt (figura 3), um inventor que conseguiu acumular durante toda a sua vida 250 patentes em seu nome.



Figura 3: John Wesley Hyatt. Fonte: Google Images

A história conta que Hyatt tentou fabricar bolas de bilhar com diferentes materiais. Um dia, quando estava fazendo um teste com uma mistura de serragem, papel picado e cola, cortou o dedo.

Para proteger o ferimento, ele foi em seu armário pegar um pouco de colódio - um tipo de *band-aid* (curativo) daquela época, composto por uma substância chamada nitrato de celulose, dissolvida em álcool e éter. Após abrir o armário, encontrou o colódio derramado e com a evaporação do álcool e do éter, sobrou apenas uma crosta endurecida sobre a prateleira - um depósito de nitrato de celulose. Após fazer vários testes, o nosso querido John concluiu que, ao reagir nitrato de celulose, álcool e cânfora, em proporções adequadas, e aquecê-los, em alta pressão, o produto formado podia ser facilmente moldado no formato desejado e felizmente podia ser o substituto do marfim.

E assim foi descoberto, o que muitos acreditam ser, o primeiro plástico, patenteado por Hyatt em 1870 com o nome de *celulóide*. Como nem tudo são flores, devido às propriedades do nitrato de celulose - altamente inflamável - os fabricantes não deram o prêmio a Hyatt.

O fato é que a *celulóide* era muito mais barata e mais versátil do que o marfim, e podia ser utilizada para produção de inúmeros objetos como bolas de bilhar, caixas de música, cabos para faca, saboneteiras, escova de dentes, janelas transparentes para os automóveis da época, filmes fotográficos, teclas de piano etc.

No final da década de 1920, surgiram outros plásticos sintéticos (fabricados artificialmente pelo ser humano). O pioneiro deste feito foi o químico alemão Christian Schönbien.

Em 1846, o Christian Schönbien sintetizou a nitrocelulose, através de uma reação entre a celulose do algodão e o ácido nítrico.

Mas o que são plásticos?

A palavra plásticos veio do grego, *plastikós*, que significa “relativo às dobras do barro”, ou ainda, em latim *plasticu*, que remete ao “que pode ser modelado”. Esse termo é utilizado para representar um grupo de materiais que têm a capacidade de serem facilmente moldáveis sob a ação de calor e pressão.

Existem algumas diferenças entre os plásticos, no que diz respeito à sua produção. Alguns deles são moldáveis apenas no instante em que são fabricados os objetos e, portanto, precisam ser modelados naquele momento. Por exemplo, os cabos pretos, bons isolantes térmicos, encontrados em várias panelas. Após ficarem prontos, não há como serem remodelados em outras formas. Imagine só se aquecêssemos a panela e o cabo dobrasse!? Seria um perigo! Chamamos esses tipos de materiais de plásticos termorrígidos ou termofixos.

Porém, quando elevamos a temperatura, grande parte dos plásticos podem ser remoldados, pois o material fica amolecido. Neste caso, o material é chamado de termoplástico, por ter a capacidade de remoldagem quando aquecidos a determinadas faixas de temperatura. São exemplos de termoplásticos, embalagens de Polietileno (PE) e Polipropileno (PP), como na figura 4 abaixo, bem como as famosas garrafas PET.



Figura 4: Materiais feitos a partir de PE e PP. Fonte: Google Images

Por falar em PET...

Esse material é um dos mais produzidos no mundo, sendo bastante utilizado, principalmente, em embalagens. Esse termoplástico, e todos os

os demais que citamos, fazem parte de um grupo chamado de **polímeros**.

No caso do politereftalato de etileno ou PET (figura 5), temos

um material formado pela reação de condensação entre as substâncias, etilenoglicol e ácido tereftálico. Esse processo é chamado de polimerização e a reação é representada de forma simplificada pela equação abaixo:

Desde a década de 1970, devido à descoberta de algumas propriedades de barreira,

A palavra polímero veio do grego poli, vários, e mero, unidades).



Figura 5: Garrafas PET. Fonte: Google Images

que impedem a entrada do ar, o PET passou a ser utilizado pela indústria de embalagens e expandiu sua faixa de mercado. Até os anos 1950, ele era utilizado, em sua maioria, na indústria têxtil nos Estados Unidos e na Europa.

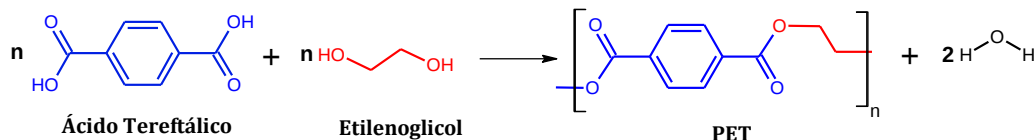


Figura 6: Expressão Representacional simplificada da reação de síntese do PET

O “n” da equação representa a quantidade de meros que podem estar presentes nas cadeias poliméricas que compõem o material. Neste caso, estamos falando de um grande número que pode atingir a ordem de milhares!

Neste caso, as substâncias etilenoglicol e ácido tereftálico, a partir de uma reação química, são transformadas em um poliéster. O poliéster é constituído por moléculas com grande massa molar que são obtidas a partir da reação entre substâncias denominadas de monômeros que, devido a reatividade de seus grupos funcionais, irão ligar-se entre si dando origem as macromoléculas que irão constituir o material denominado de PET.

Os materiais formados por um grande número de moléculas (macromoléculas – do grego “macro”, grande), com elevada massa molar, com várias unidades de repetição são chamados de polímeros.

O PET foi sintetizado pelos químicos ingleses **Whinfield e Dickson** (figura 7), em 1946, porém sua produção em escala industrial iniciou-se somente após a Segunda Guerra Mundial.



Figura 7: Whinfield e Dickson.
Fonte: Google Images

Vocês se lembram que uma das principais propriedades dos plásticos está relacionada ao seu longo tempo de vida útil? Acreditamos que sim, pois comentamos lá no início o enorme impacto ambiental relacionado ao descarte inadequado desses materiais. Assim, ao pensarmos na questão ambiental em conjunto com o atual modelo de desenvolvimento da indústria, a combinação do descarte inadequado com o longo tempo de vida útil tem potencial para geração de diferentes tipos de danos ambientais. ³

Nesse sentido, a reciclagem se torna um método bastante eficiente para minimizar esses impactos. E aqui temos uma informação que nos enche de orgulho. O Brasil, em 2006, conseguiu o segundo lugar em reciclagem mundial de PET, perdendo apenas para o Japão.

Atualmente, o PET é o plástico pós consumo mais reciclado (cerca de 53,5%) no país e até então possui cerca de 1.119 empresas recicladoras, em que grande parte delas estão concentradas na região Sudeste. Contudo, alguns fatores críticos como a carga tributária incidida sobre a matéria-prima reciclada (5% a 15%), pouca oferta de matéria prima, coleta seletiva precária, falta de conhecimento da população para separar os resíduos de forma correta, além da baixa qualidade dos materiais pós-consumo e transporte dificulta o crescimento de reciclagem no Brasil.

Cabe ressaltar que o processo de reciclagem não é tão fácil quanto se imagina! Essa dificuldade se deve também as diferentes propriedades dos diversos plásticos. Uma das formas de possibilitar o processo de reciclagem é a separação desses materiais. Os principais plásticos apresentam um código (figura 8) que podem ser diferenciados por suas propriedades.

Códigos utilizados para separação de plásticos no processo de reciclagem		
Código do Material Polimérico	Sigla / Nome	Densidade/(g/ml)
	PET Politereftalato de Etileno	1,35
	PEAD ou HDPE Polietileno de Alta Densidade	0,95 – 0,97
	PVC Policloreto de Vinila	1,35 – 1,42
	PEBD ou LDPE Polietileno de Baixa Densidade	0,92 – 0,94
	PP Polipropileno	0,89 – 0,92
	PS Poliestireno	1,04 – 1,06
	Demais Plásticos	-----

Figura 8: Código e densidade dos plásticos

O processo de separação dos plásticos é muito importante. As indústrias de reciclagem separam os diferentes tipos de plásticos, a partir de suas propriedades, para selecionar aqueles que serão reciclados.

Já existem outros estudos relativos a métodos de reciclagem realizados no Brasil, um deles é de um grupo da Petrobrás. Eles utilizaram embalagens de PET descartadas e adicionaram **enzimas**, para reobter os reagentes utilizados em sua produção, visando que tais reagentes possam ser utilizados novamente pelas indústrias petroquímicas. Esse método é chamado de reciclagem biocatalítica.

Enzimas são microrganismos que aceleram o processo de degradação

Neste caso, são adicionadas as enzimas *cutinaseas* e flocos de PET, em condições de reação adequadas para que as enzimas atuem. Esses microrganismos auxiliam na hidrólise, isto é, na quebra das moléculas do PET em outras menores utilizando água.

No final do processo, o polímero se transforma novamente nas substâncias iniciais, o etilenoglicol (EG) e ácido tereftálico (TPA).

Dessa forma, o que era resíduo passa a ser matéria-prima e pode ser usado para a formação de novo PET. Muito legal, não é mesmo!? É importante saber que esse método ainda está em fase de testes, mas seus resultados iniciais têm sido bastante satisfatórios. Além disso, alguns pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) devem testar, dentro de três anos, essa tecnologia de biodespolimerização do PET em escala piloto, em reatores de 100 litros.

Além do método de reciclagem, outros métodos têm sido desenvolvidos para minimizar os impactos ambientais, na saúde e na disposição dos resíduos sólidos que os polímeros têm causado.

Uma delas é a produção de biopolímeros biodegradáveis (que não provêm do petróleo). Esses polímeros possuem o objetivo de contribuir para a redução do tipo de poluição gerada, principalmente pelos plásticos,

a partir da obtenção de materiais que podem ser degradados pela ação de microrganismos como bactérias, fungos e algas. As pesquisas com biopolímeros indicam alguns desses materiais possuem a biodegradabilidade como uma de suas principais vantagens, fazendo com que esse material apresente um menor impacto ambiental.

No entanto, uma Avaliação de Ciclo de Vida se configura necessária para a avaliação dos impactos ambientais desses polímeros biodegradáveis quando comparados aos materiais obtidos de forma convencional. Já deu para perceber que o plástico ainda será pauta de discussão pelos próximos anos, certo!?

Tendo em vista que a poluição plástica decorre dos padrões de consumo que influenciam nos modelos de negócio para produtos plásticos descartáveis, da má gestão de resíduos, que joga o plástico na natureza e de uma cadeia de suprimentos que produz cinco vezes mais plástico virgem do que plástico reciclado, acreditamos que medidas e estratégias precisam ser tomadas para acabar ou minimizar os problemas gerados pelo descarte desses polímeros e seu ciclo de vida.

Algumas dessas intervenções são sugeridas pelo relatório do Fundo Nacional para a Natureza (WWF, 2019), tais como: a proibição de produtos plásticos descartáveis e problemáticos e o aprimoramento dos planos nacionais de gestão de resíduos.

Além disso, pensando em solucionar problemas subjacentes, podem ser criadas leis nacionais mais robustas e dispositivos comerciais que distribuam equitativamente a responsabilidade de forma adequada ao longo de todo o ciclo de vida do plástico, garantir que preço global do plástico reflita o custo total de seu ciclo de vida não só para a sociedade como também para a natureza. E, claro, os consumidores (que somos nós) precisamos nos condicionar a mudar nossos comportamentos e buscarmos opções e produtos alternativos aos que provocam poluição.

Referências Bibliográficas:

VASCONCELOS, Yuri. *Planeta Plástico*. PESQUISA FAPESP: Edição. 281, Julho 2019, p. 18-24 Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/07/018-024_CAPA_PL%C3%A1stico_281-Parte-1.pdf>. Acesso em 24 de maio de 2022

CANTO, Eduardo Leite do. *Plástico: bem supérfluo ou mal necessário*. 2ª edição. São Paulo: Moderna, 2004.

DALBERG ADVISORS. *Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização*. Relatório WWF Fundo Mundial para a Natureza, 2019. Disponível em: <https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/51804/1552932397PLASTIC_REPORT_02-2019_Portugues_FINAL.pdf>. Acesso em 07 de junho de 2022.

Associação Brasileira da Indústria de Plásticos. *Preview 2021: as indústrias de transformação e reciclagem de plástico no Brasil*. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2022/05/Preview_ABIPLAST_2021_web.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2022

Para saber mais:

BEVILAQUA, Juliana Vaz; JUNIOR NICOMEDES, José; CASTRO, Aline Machado de. *Nova vida para resíduos plásticos*. Ciência Hoje, 2019.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Textos de Divulgação Científica são uma ótima ferramenta como recursos didáticos a serem utilizados dentro das escolas, sendo possível de se trabalhar de diversas formas e em distintas áreas, concomitantemente, contribuindo para a alfabetização científica dos estudantes e somado a isso, à divulgação científica.

Com relação aos TDC com a temática polímeros e plásticos escritos na revista Ciência Hoje, foi possível verificar uma maior frequência de jornalistas em detrimento dos cientistas da área. Nessa perspectiva, é importante considerar a importância da produção coletiva entre os jornalistas e os cientistas, tendo em vista a contribuição mútua que ambos podem oferecer, de acordo com seus papéis, para o desenvolvimento de Textos de Divulgação Científica que melhor contemplem os objetivos da divulgação científica.

Diante disto, vale a pena refletir sobre a possibilidade de pesquisas que mostrem as aproximações/diferenças de um texto escrito por jornalistas e por cientistas de uma mesma temática, de modo a possibilitar o aperfeiçoamento dos textos escritos por ambos. Não obstante, incentivar a participação de ambos na produção de um mesmo TDC.

Quanto ao TDC da revista, foi identificado apenas um artigo no site que apresenta no título o nome plástico, escrito por especialistas da área. Os autores que o produziram apresentam inúmeras pesquisas científicas relacionadas a biocombustíveis, enzimas, além disso, dois dos três autores já trabalharam com a temática plásticos. Assim, o texto identificado apresenta os resultados imediatos da pesquisa que o grupo, ao qual os autores fazem parte, tem realizado na Petrobrás.

Cabe ressaltar o papel dos pesquisadores, com relação aos objetivos da divulgação científica que precisam ser levados em discussões na formação desses profissionais, de modo a estimular sua maior participação na propagação das informações científicas, compartilhando seu trabalho que apresenta relevância social, econômica, ambiental, com uma linguagem comum à sociedade.

O texto identificado sobre a temática “Nova Vida para Resíduos Plásticos”, analisado é um potencial recurso didático, pois apresenta temas passíveis de debates relacionados a ciência, tecnologia e sociedade. Ele possibilita ainda aspectos que contribuem para a visão da ciência como construção humana, não neutra.

Como lacunas, o texto apresenta dificuldade na compreensão da linguagem abordada, em relação a alguns conceitos científicos. Por ser um texto de caráter de divulgação da ciência, faz-se necessário uma negociação entre o leitor e o produtor do texto para o entendimento comum entre ambos. Uma outra lacuna é a ausência da história da ciência e a pobreza na utilização dos recursos visuais e textuais que, neste caso, podem ser mais bem explorados. Nesse sentido, a utilização desse texto como instrumento didático necessita da mediação do professor, conduzindo as discussões, de modo a facilitar o processo de aprendizagem sobre a temática.

Considerando as lacunas identificadas, foi proposto um texto de divulgação científica que contemplasse as categorias conteúdo e forma, propostas por Ferreira e Queiroz (2011) e que pudesse ser utilizado como recurso didático para professores da educação básica. Vale considerar que os meios de divulgação científica são amplos e que precisam ser mais explorados pelos cientistas, mais do que pesquisas, é preciso usar os instrumentos de forma prática, de modo a aproximar a sociedade das atividades científicas, tendo em vista os tempos de ameaças que a ciência brasileira tem sofrido atualmente.

7. REFERÊNCIAS

- ALBAGLI, Sarita. **Divulgação científica: informação científica para a cidadania**. Ci. Inf., Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, set./dez, 1996.
- ANGOTTI, José André Peres; AUTH, Milton Antonio. **Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação**. Ciência & Educação, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001.
- ARAÚJO, Deivisson Montalvão de. **Análise de Textos de Divulgação Científica visando sua possível utilização no ensino de ciências**. Monografia (Licenciatura em Química), Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- ASSIS, Acácia Araújo de; MACHADO, Patrícia Fernandes Lootens; SILVA, Roberto Ribeiro. **Projeto integração universidade-escola: contribuições da extensão universitária para a alfabetização científica**. Revista Participação – UNB, nº 31, p. 141-157, novembro, 2018.
- AULER, Décio. **Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro**. Ciência & Ensino, v. 1, número especial, nov. 2007.
- BORIM, Danielle Cristina Duque Estrada; ROCHA, Marcelo Borges. **Revista Ciência Hoje das Crianças: uma análise documental sobre lixo, coleta seletiva e reciclagem (2007 – 2016)**. Revista Contexto e Educação. Editora: Unijuí, ano 33, n. 106, set/dez, 2018.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em 03 de maio de 2022.
- BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (Lei nº 12.305/2010). Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 28 de julho de 2022.

BRITO, Gustavo de Figueiredo; AGRAWAL, Panar; ARAÚJO, Edcleide Maria; MÉLO, Tomás Jeferson Alves. **Biopolímeros, polímeros degradáveis e polímeros verdes**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6.2 (2011) 127-139.

BUENO, Wilson Costa. **Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais**. Inf. Inf., Londrina, v. 15, n. esp, p. 1 - 12, 2010.

CALLEGARIO, Laís J; HYGINO, Cassiana B; ALVES, Vanessa Leandro de O; LUNA, Fernando José; LINHARES, Marília P. **A história da ciência no ensino de química: uma revisão**. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 3, p. 977-991, 2015.

CARIBÉ, Rita de Cássia do Vale. **Comunicação científica: reflexões sobre o conceito**. Inf. & Soc.:Est., João Pessoa, v.25, n.3, p. 89-104, set./dez. 2015.

CARNIEL, Adriano; GOMES, Absai da Conceição; COELHO, Maria Alice Zarur; DE CASTRO, Aline Machado. **Process strategies to improve biocatalytic depolymerization of post-consumer PET packages in bioreactors, and investigation on consumables cost reduction**. Bioprocess and Biosystems Engineering, v. 44, p. 507-516, 2020.

CARNIEL, Adriano; VALONI, Érika; NICOMEDES JUNIOR, José; GOMES, Absai da Conceição; DE CASTRO, Aline Machado. **Lipase from Candida antarctica (CALB) and cutinase from Humicola insolens act synergistically for PET hydrolysis to terephthalic acid**. Process Biochemistry, p. 84-90, 2016.

CANEVAROLO-JR, Sebastião Vicente. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2º ed. São Paulo: Editora Artliber, 2006.

CANGEMI, José Marcelo; SANTOS, Antonia Marli dos; CLARO NETO, Salvador. **Biodegradação: uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos**. Química Nova na Escola, n. 22, novembro 2005.

CASTRO, Thais Hessab Moreira de. **Os bioplásticos: impactos ambientais e perspectivas de mercado**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2019.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, n. 22, 2003.

COELHO, Tatiana. **Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo e recicla apenas 1%.** G1, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/03/04/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-lixo-plastico-do-mundo-e-recicla-apenas-1.shtml?fbclid=IwAR18LXlkeFybm8s1th7EaMUZ_LVAvzNJVtRR9eCwN4fzbRO6q5feOkEub-0>. Acessado em: 30 de novembro de 2020.

DE CASTRO, Aline Machado; CARNIEL, Adriano; NICOMEDES JUNIOR, José; GOMES, Absai da Conceição; VALONI, Érika. **Screening of commercial enzymes for poly(ethylene terephthalate) (PET) hydrolysis and synergy studies on different substrate sources.** Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, v. 44, p. 835-844, 2017.

DE PAOLI, Marco Aurélio. **Degradação e estabilização de polímeros.** 2º versão online (revisada). Editora: Chemkeys, 2008. Disponível em: <<http://www.chemkeys.com/blog/wp-content/uploads/2008/09/polimeros.pdf>>. Acessado em 30 de novembro de 2020.

DIAS, Juliana de Carvalho. **Rotas de destinação dos resíduos plásticos e seus aspectos ambientais: uma análise da potencialidade da biodegradação.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2016.

FDA. **The Microbead-Free Waters Act: FAQs,** 2020. Disponível em: <<https://www.fda.gov/cosmetics/cosmetics-laws-regulations/microbead-free-waters-act-faqs>>. Acessado em 08 de dezembro de 2020.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Salete Linhares. **Artigos da revista Ciência Hoje como recurso didático no ensino de química.** Química Nova, Vol. 34, No. 2, 354-360, 2011.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Salete Linhares. **Textos de Divulgação Científica no ensino de Ciências: uma revisão.** Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.5, n.1, p.3-31, maio 2012.

FRANCHETTI, Sandra Mara Martins; MARCONATO, José Carlos. **Polímeros biodegradáveis: uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos.** Química Nova, v. 29, n. 4, 811-816, 2006.

FRANÇA, Andressa de Almeida. **Divulgação científica no Brasil: espaços de interatividade na WEB**. Dissertação (Mestre em Ciência, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal de São Carlos, 2015.

FORTUNA, Ana Luísa Lobo. **Impactos ambientais dos plásticos: biopolímeros como alternativa para a redução do acúmulo de embalagens flexíveis de polipropileno no meio ambiente**. Monografia (Bacharel em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

FUKUI, Ana. **De vazios e pontes: referenciação aplicada à divulgação da ciência**. Rev. Bras. Linguíst. Apl., v. 18, n. 3, p. 609-637, 2018.

GARSDALE, M. **Production of plastics worldwide from 1950 to 2018 (in million metric tons)***. Statista, 2020. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>>. Acessado em: 30 de novembro de 2020.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. **Production, use, and fate of all plastics ever made**. Science Advances, New York, v. 3, 2017. 6 p. Disponível em: <<https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>>. Acessado em: 03 de dezembro de 2020.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Verenna Barbosa. **Os Textos de Divulgação Científica e suas relações com a prática docente no ensino**. 262 f., il. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) —Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

KOCH, Ingedore Villaça; MARCUSHI, Luiz Antônio. **Processos de referenciação na produção discursiva**. DELTA, São Paulo, v. 14, n. spe, p. 00, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-44501998000300012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 de novembro de 2020.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIBERALINO, Yara Teles; BEZERRA, Norma Suely Ramos Freire; TORRES, Cicero Magerbio Gomes. **Os temas transversais no ensino de ciências e biologia: uma**

revisão integrativa da literatura. Revista Interdisciplinar Encontro das Ciências, v. 3, n. 1, p. 1075 - 1090, 2020.

LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro; SILVA, Nilma Soares da. **Estudando os plásticos: tratamento de problemas autênticos no ensino de química.** Química Nova na Escola, n. 5, maio, 1997.

MAINGUENEAU, Dominique. **Análise de textos de comunicação.** 3º ed. São Paulo: Cortez, 2004.

MALAFATTI-PICCA, Lusiane et al. **Hydrocarbon-associated substrates reveal promising fungi for poly (ethylene terephthalate) (PET) depolymerization.** Brazilian Journal of Microbiology, v. 50, n. 3, p. 633-648, 2019.

MANO, Eloisa Biasoto. **Introdução à polímeros.** 2º ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

MENDES, Marta Ferreira Abdala. **Uma perspectiva histórica da divulgação científica: a atuação do cientista divulgador José Reis (1948-1958).** Tese (Doutorado em História da Ciência). Casa de Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, 2006.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Ciência, técnica e arte: o desafio da Pesquisa Social.** In: _____. (Org.) Pesquisa social: teoria, método e criatividade. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2001, p. 09-30.

MOREIRA, Ildeu de Castro; MASSARANI, Luisa. **Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil.** In: MASSARANI, Luisa; MOREIRA, Ildeu de Castro; BRITO, Fátima. Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural da Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

MONDADA, Lorenza. **Construction des objets de discours et categorisation: une approche des processus de référenciation.** Tradução Mônica Magalhães Cavalcante. Revista de Letras, Fortaleza, v. 1-2, n. 24, p. 118-130, jan./dez. 2002. Disponível em: <<http://www.revistadeletras.ufc.br/rl24Art21.pdf>>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta; REZENDE JUNIOR, Mikael Frank. **A produção de Textos de Divulgação Científica na formação inicial de licenciandos em ciências**

naturais. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, [S. l.], v. 10, n. 1, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/3987>>. Acesso em: 05 de novembro de 2020.

NORONHA, Priscila Alves; ROTTA, Jeane Cristina Gomes. **Concepções de interdisciplinaridade no ensino de ciências: uma proposta para a formação continuada de professores.** Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática. Itapetininga, v. 1, p. 1-20, 2020. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/67/50>>. Acesso em: 03 de maio de 2022.

OLIVEIRA, Diogo Silva de. **Elaboração de um texto de divulgação científica para alunos e professores do ensino médio com enfoque no poliácido láctico.** Monografia (Graduação em Licenciatura em Química). Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018.

PARENTE, Ricardo Alves. **Elementos estruturais de plástico reciclado.** Dissertação (Mestre em Engenharia de Estruturas). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; RAÍCIK, Anabel Cardoso. **Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 25 (2), p. 19-55, 2020.

PÉREZ, Daniel Gil; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico.** Ciência & Educação, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PESSÔA, Vitor Alves de Figueiredo. **Reciclagem e reutilização de materiais poliméricos plásticos.** Monografia (Graduação em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

RIBEIRO, Renata A.; KAWAMURA, Maria Regina D. **A ciência em diferentes vozes: uma análise de Textos de Divulgação Científica.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5., 2005, Bauru. Atas... Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Ciências, 2005.

ROCHA, Marcelo Borges. **O potencial didático dos Textos de Divulgação Científica segundo professores de ciências**. R. B. E. C. T., v. 5, n. 2, p. 47-68, maio, 2012.

ROCHA, Marcelo Borges; VARGAS, Marana. **Estudo da linguagem de Textos de Divulgação Científica**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - X ENPEC, Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de novembro de 2015. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0874-1.PDF>>. Acesso em: 16 de novembro de 2020.

RODRIGUES, Thyago Silva. **Polímeros naturais e sintéticos: uma abordagem das características a partir de uma transposição didática**. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

SALÉM, Sonia; KAWAMURA, Maria Regina. **As perguntas dos leitores nas revistas de divulgação científica: possíveis contribuições ao ensino de física**. In: Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999, Valinhos, SP.

SALES, Julio Cesar S.; DE CASTRO, Aline Machado ; RIBEIRO, Bernardo D.; Z. COELHO, Maria Alice . Supplementation of watermelon peels as an enhancer of lipase and esterase production by *Yarrowia lipolytica* in solid-state fermentation and their potential use as biocatalysts in poly(ethylene terephthalate) (PET) depolymerization reactions. **Biocatalysis and Biotransformation**, v. 38, p. 457-468, 2020;

SALVADOR. **Lei nº 8069 de 21 de setembro de 2011**. Obriga os estabelecimentos comerciais no município de salvador a utilizar para o acondicionamento de produtos embalagens plásticas oxi-biodegradáveis OBP`s. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/stedh>>. Acessado em 04 de dezembro de 2020.

SANTA MARIA, Luiz Claudio de; LEITE, Marcia C. A. M.; AGUIAR, Mônica R. Marques Palermo de; OLIVEIRA, Rachel Ouvinha de; ARCANJO, Maria Elena; CARVALHO, Elaine Luiz de. **Coleta seletiva e separação de plásticos**. Química Nova na Escola, n. 17, maio, 2003.

SANTOS, Amélia S. F.; FREIRE, Fernando, H. de O.; COSTA, Brenno L. N. da; MANRICH, Sati. **Sacolas Plásticas: Destinações sustentáveis e alternativas de substituição**. Polímeros, vol. 22, n. 3, p. 228-237, 2012. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/po/a/vvx7y3vfXJr95TFccxB3sgv/#>>. Acesso em 27 de julho de 2022.

SÃO PAULO. **Lei nº 15.374, de 18 de maio de 2011.** Dispõe sobre a proibição da distribuição gratuita ou venda de sacolas plásticas a consumidores em todos os estabelecimentos comerciais do Município de São Paulo, e dá outras providências. Disponível em: <<https://www.radarmunicipal.com.br/legislacao/lei-15374>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2020.

SÃO PAULO. **Decreto nº 55.827, de 6 de janeiro de 2015.** Regulamenta a Lei nº 15.374, de 18 de maio de 2011, que dispõe sobre a proibição da distribuição gratuita ou venda de sacolas plásticas a consumidores em todos os estabelecimentos comerciais do Município de São Paulo. Disponível em: <<https://www.radarmunicipal.com.br/legislacao/decreto-55827>>. Acessado em 04 de dezembro de 2020.

SASSERON, Lucia Helena; MACHADO, Vitor Fabricio. **Alfabetização Científica na Prática: Inovando a Forma de Ensinar Física.** Editora Livraria da Física: São Paulo, cap. 1, p. Piracicaba: Capes/Unimep: Piracicaba, cap. 6, p. 16-26, 2017.

SILVA, Adalberto Manoel da; FÁTIMA, Ângelo de; MOREIRA JÚNIOR, Sérgio Souza; BRAATHEN, Per Christian. **Plásticos: molde você mesmo.** Química Nova na Escola, n. 13, maio, 2001.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. **A pesquisa científica.** In: GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (orgs.). Métodos de pesquisa. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 31-42, 2009.

SOUZA, Pedro Henrique Ribeiro; ROCHA, Marcelo Borges. **Análise da linguagem de Textos de Divulgação Científica em livros didáticos: contribuições para o ensino de biologia.** Ciênc. Educ., Bauru, v. 23, n. 2, p. 321-340, 2017.

ZANDONAI, Marcos Filipe. **A construção de objetos-de-discurso em Textos de Divulgação Científica midiática para crianças.** Revista do EDICC (Encontro de Divulgação de Ciência e Cultura), v. 1, out/2012.

WORLD BANK GROUP. **Global Waste to Grow by 70 Percent by 2050 Unless Urgent Action is Taken: World Bank Report.** Washington, DC: International

Bank for Reconstruction and Development, 2018. Disponível em:
<<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>>.
Acessado em: 30 de novembro de 2020.

ANEXOS

NOVA VIDA PARA RESÍDUOS PLÁSTICOS

[Página Inicial](#) > [Seção](#) > [Resultados Imediatos](#)

Método usa embalagens de PET descartadas e adição de enzimas para gerar novo material a ser empregado na indústria petroquímica.



Características como leveza, baixo preço e resistência à degradação fazem dos materiais plásticos matéria-prima ideal para uma extensa variedade de produtos na vida contemporânea. No entanto, sua durabilidade é também uma das principais causas de problemas ambientais, sobretudo, pelo acúmulo de resíduos gerados tanto em ambientes terrestres quanto em oceanos.

O descarte inadequado de plásticos do tipo PET – poli(tereftalato de etileno) – é hoje alvo de grande preocupação por parte de ambientalistas e da sociedade em geral. No mundo, são produzidos, anualmente, em torno de 50 milhões de toneladas de **PET**, com um percentual de reciclagem de **18% apenas**.

No Brasil, o índice de reciclagem é significativamente mais elevado, mas ainda assim é enorme a quantidade de materiais descartados de forma inadequada, acumulando-se em lixões e aterros sanitários ou, ainda, chegando aos cursos hídricos. De acordo com o 10º censo da reciclagem de PET no Brasil, realizado pela Associação Brasileira da Indústria do PET (Abipet) em 2016, o descarte de embalagens foi de cerca de 550 mil toneladas anuais e a taxa de reciclagem chegou a 51% em 2015. Logo, se olharmos para a fração que hoje não é reciclada, o montante de resíduos de PET no Brasil está em torno de 270 mil toneladas.

Métodos de reciclagem

A reciclagem térmica do PET é uma tecnologia bastante difundida e comercialmente explorada. Entretanto, além da elevada demanda energética requerida, apresenta limitação na quantidade de reciclagens possíveis, uma vez que, após alguns poucos ciclos de reúso, a resina perde as propriedades físico-químicas que permitem sua remoldagem.

Métodos de conversão química, como glicólise, alcoólise, hidrólise, aminólise e amonólise, também vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de remover ou reciclar resíduos plásticos. No entanto, esses métodos geralmente exigem alta temperatura e podem gerar poluentes ambientais **adicionais**.

A reciclagem biocatalítica (usando enzimas para acelerar as reações químicas) pode ser um método ambientalmente mais amigável. Microrganismos – ou enzimas por eles produzidas – podem degradar plásticos com ligação do tipo éster, como é o caso do PET.

Existem diversos microrganismos, como bactérias, leveduras, actinomicetos e fungos filamentosos, capazes de produzir enzimas que podem ser empregadas na reação de despolimerização (degradação) do PET. Em geral, são microrganismos termófilos (que vivem em temperaturas elevadas), capazes de produzir enzimas termicamente mais resistentes. Por ser específica para determinadas reações, a biocatálise gera uma menor concentração de subprodutos e ainda permite operar em condições mais brandas de temperatura e pH (grau de acidez).

A variedade de enzimas identificadas que podem fazer hidrólise (quebra da molécula pela adição de água) de PET ainda é reduzida, sendo algumas dessas enzimas sensíveis a um dos produtos finais da hidrólise, o MHET, que se comporta como um inibidor enzimático forte e competitivo. Assim, a identificação de enzimas eficazes para a hidrólise de PET pode servir como uma virtuosa estratégia de remediação ambiental, bem como uma plataforma de degradação para a reciclagem biocatalítica desses resíduos plásticos.



A biodespolimerização abre perspectiva para a transformação radical da cadeia do PET pós-consumidor, pois o que seria resíduo volta a ser matéria-prima.

Reúso de resíduos PET

O estudo em andamento na Petrobras propõe reutilizar resíduos de PET que hoje ainda são descartados e fazer sua reciclagem biocatalítica. No processo em estudo, as embalagens coletadas após o uso pelos consumidores são trituradas e levadas a um reator para reprocessamento do material.

O método consiste na adição da enzima cutinase aos flocos de PET, em condições de reação adequadas para a atuação da mesma. Nesse processo, o PET é hidrolisado inicialmente em BHET (tereftalato de bis(2-hidroxietila)); em seguida, passa para MHET (tereftalato de mono(2-hidroxietila)); e a reação prossegue até o polímero se transformar novamente em suas unidades monoméricas EG (etileno glicol) e TPA (ácido tereftálico).

Os produtos da reação podem servir então como matéria-prima para a formação de novo PET, que poderá ser reutilizado na indústria petroquímica.

Nas etapas iniciais da pesquisa, a equipe ocupou-se de expandir as ferramentas biocatalíticas para a hidrólise e modificação do PET, e várias enzimas foram

testadas quanto à sua capacidade de hidrolisar poliésteres. Atualmente, a pesquisa encontra-se em fase de otimização das condições de reação em escala de bancada, e já foi possível aumentar em 48 vezes a concentração de TPA como produto da reação de hidrólise enzimática do PET e em quase 100 vezes a produtividade de liberação desse monômero em apenas sete dias de processo, considerando os resultados iniciais.

Participam desse trabalho também pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) que, dentro de três anos, devem testar a tecnologia de biodespolimerização do PET em escala piloto, em reatores de 100 litros.

A biodespolimerização abre perspectiva para a transformação radical da cadeia do PET pós-consumidor, pois o que seria resíduo volta a ser matéria-prima. Dessa forma, evita-se o problema do acúmulo desse material em lixões ou no meio ambiente, e reduz-se a demanda por novas matérias-primas oriundas da petroquímica, diminuindo a chamada pegada de carbono – a quantidade de carbono (gases de efeito estufa) emitida na atmosfera.

Juliana Vaz Bevilaqua
José Nicomedes Junior
Aline Machado de Castro

Centro de Pesquisas da Petrobras

Matéria publicada em 15.01.2019

COMENTÁRIOS

Envie um comentário

[Conectado como ALAN THYAGO JENSEN. Sair?](#)

Escreva seu comentário

 Enviar comentário

MAIS MATÉRIAS DESTA EDIÇÃO



ARTIGO - EDIÇÃO 349

Escola Sem Partido: origens e ideologias

Como nasceu e quais ideologias estão por trás do movimento que se espalha em projetos de lei Brasil afora na tentativa de implementar a censura em sala de aula e dar um fim ao Estado laico.



ARTIGO - EDIÇÃO 349

Sociedade e saúde, uma relação de dependência

O conhecimento acumulado acerca das causas das doenças nas populações é suficiente para afirmar que a promoção da saúde passa necessariamente pela redução das desigualdades sociais.

[Veja mais publicações](#)

MATÉRIAS RELACIONADAS



RESULTADOS IMEDIATOS - EDIÇÃO 384

Desigualdade e 'crises' mais letal

<https://cienciahoje.org.br/artigo/nova-vida-para-residuos-plasticos/>



RESULTADOS IMEDIATOS - EDIÇÃO 381