



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

LEANDRO OLIVEIRA CECCHIN

**ESTUDO PROSPECTIVO: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE LARVAS DE
TENÉBRIO NA BIODEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS DE POLIESTIRENO**

CRUZ DAS ALMAS-BA
2022

LEANDRO OLIVEIRA CECCHIN

**ESTUDO PROSPECTIVO: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE LARVAS DE
TENÉBRIO NA BIODEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS DE POLIESTIRENO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica.
Orientador(a): Prof^a Dra. Jania Betânia
Alves da Silva

CRUZ DAS ALMAS-BA

2022

LEANDRO OLIVEIRA CECCHIN

**ESTUDO PROSPECTIVO: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE LARVAS DE
TENÉBRIO NA BIODEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS DE POLIESTIRENO**

Parte manuscrita do Projeto de Graduação do discente Leandro Oliveira Cecchin, apresentado à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em 04/08/2022

COMISSÃO EXAMINADORA:

Jania Betânia Alves Da Silva

Profº Dr(a). Jania Betânia Alves da Silva – UFRB

Orientadora

Documento assinado digitalmente

 GILMAR EMANOEL SILVA DE OLIVEIRA
Data: 24/08/2022 09:18:13-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profº Ms. Gilmar Emanuel Silva

Examinador 02

Rogelma Maria da Silva Ferreira

Profª Dra. Rogelma Maria da Silva Ferreira

Examinadora 03

“Nenhum mal te atingirá, nenhum flagelo chegará à tua tenda, porque aos seus anjos ele mandou que te guardem em todos os teus caminhos. Eles te sustentarão em suas mãos, para que não tropeces em alguma pedra”

Salmos 90:10-12

AGRADECIMENTOS

Agradecer sempre em primeiro lugar a Deus, por todas as dificuldades, lutas e situação vencidas diante a todo esse período de graduação. Em momentos que me encontrei cansado, desanimado ou desgastado, houveram luzes que me apoiaram e não me deixaram desistir da luta. Não seria possível citar todos os nomes dos envolvidos aqui, mas os devidos sabem a importância de cada um nessa trajetória e na minha vida. Obrigado a toda a minha família, meu pai Heliomar, minha mãe Osamara e meu irmão Hugo, que sempre se puseram dispostos a me ajudar. Sempre grato pelo suporte e apoio que minha namorada Talita me deu durante esse processo. Não poderia deixar de citar aos meus amigos, que também se fizeram presente nos momentos dessa trajetória.

Agradeço imensamente à Professora Jânia que aceitou me orientar, e claro, pela atenção e confiança posta em mim durante todo o processo, incluindo a iniciação científica, permitindo e auxiliando que esse trabalho fosse realizado, mesmo em período pandêmico, apesar das nossas dificuldades na forma remota de execução. Agradeço ao meu amigo Matheus, quem me deu a chance de participar do projeto de iniciação científica, projeto este, que foi a origem deste trabalho. Também a todos os profissionais e amigos do curso de Engenharia Mecânica, que de alguma forma vieram a participar desse capítulo na minha vida.

RESUMO

A produção de resíduos plásticos descartados de forma incorreta vem aumentando exponencialmente em todo o mundo, resultando em trágicas consequências para o meio ambiente. A busca por novas formas e tecnologias para a biodegradação desse tipo de material (plástico), está sendo um grande desafio no âmbito científico. Pesquisas apontam que até o ano de 2050, o planeta Terra pode ter um incremento de 50% na produção total de materiais plásticos, o que faz necessário a procura por uma alternativa de amenizar o impacto ambiental proveniente desse resíduo. O objetivo desse trabalho foi fazer um estudo prospectivo a partir de um levantamento do número de documentos de patentes no Banco Europeu de Patentes (*Espacenet*®), relacionados à biodegradação do poliestireno (PS), tendo como agente biodegradante, insetos, em específico, o *Tenebrio Molitor*. Como método de pesquisa para refinar os resultados, utilizou-se o Código de Patentes Internacional (IPC) e o código de Classificação Cooperativa de Patentes (CPC), juntamente com as palavras-chaves “*biodegradation*”, “*polystyrene*” e “*Tenebrio Molitor*”. Um total de 155 documentos de patentes foram analisados como banco de dados. A utilização de insetos comestíveis como agente de biodegradação de substâncias, teve seu ápice em 2019, o país de maior número de depósitos de patentes foi a China (84). No entanto apenas um documento referente a utilização do Inseto *Tenebrio Molitor* para biodegradação de resíduo plástico foi encontrado.

Palavras-chave: biodegradação, *Tenebrio Molitor*, poliestireno, prospecção tecnológica.

ABSTRACT

The production of incorrectly discarded plastic waste has been increasing exponentially around the world, resulting in tragic consequences for the environment. The search for new forms and technologies for the biodegradation of this type of material (plastic) is being a great challenge in the scientific field. Research indicates that by the year 2050, planet Earth may have an increase of 50% in the total production of plastic materials, which makes it necessary to search for an alternative to mitigate the environmental impact from this waste. The objective of this work was to make a prospective study from a survey of the number of patent documents in the European Patent Bank (Espacenet®), related to the biodegradation of polystyrene (PS), having as biodegrading agent, insects, in particular, the *Tenebrio Molitor*. As a research method to refine the results, the International Patent Code (IPC) and the Cooperative Patent Classification (CPC) code were used, together with the keywords “biodegradation”, “polystyrene” and “*Tenebrio Molitor*”. A total of 155 patent documents were analyzed as a database. The use of edible insects as an agent for the biodegradation of substances reached its peak in 2019, the country with the highest number of patent filings was China (84). However, only one document referring to the use of the Insect *Tenebrio Molitor* for biodegradation of plastic waste was found.

Keywords: biodegradation, *Tenebrio Molitor*, polystyrene, technological prospecting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número patentes por Código de Classificação Internacional (IPC) no período de 1977 - 2020.	23
Figura 2 - Classificação cooperativa de patentes (CPC) no período entre 1977-2020.	25
Figura 3 – Evolução temporal de patentes entre o período de 1977 – 2020.....	27
Figura 4 - Depositantes de patentes entre o período de 1977-2020.	28
Figura 5 - Distribuição de documentos de patentes no período entre 1977-2020 dos países incentivadores.	30
Figura 6 - Número de depósitos de documentos de patentes distribuídas por países no período de 1977 – 2020.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC) utilizados no estudo.....	21
Tabela 2 – Quantidade de documentos de patentes encontradas combinando as palavras-chaves com códigos IPC na plataforma Espacenet®.....	22

Sumário

Capítulo 1 – Estudo Prospectivo	11
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivo Geral	12
1.2. Estrutura da monografia	12
2. METODOLOGIA	13
2.1. Monitoramento e sistemas de inteligência	14
2.2. Análises de Tendências	15
2.3. Opinião de Especialistas	15
2.4. Modelos computacionais.....	16
2.5. Cenários.....	16
2.6. Criatividade.....	17
Capítulo 2 – ESTUDO PROSPECTIVO: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE LARVAS DE TENÉBRIO NA BIODEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS DE POLIESTIRENO	18
3. INTRODUÇÃO	18
4. METODOLOGIA	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6. CONCLUSÃO	32
Capítulo 3 – Considerações finais	33
REFERÊNCIAS	34

Capítulo 1 – Estudo Prospectivo

1. INTRODUÇÃO

Diante de toda evolução das economias industriais modernas, o conhecimento e o desenvolvimento tecnológico, vem apresentando um avanço acelerado quando comparados aos anos anteriores. Esse processo torna a economia industrial dependente do constante progresso de departamentos responsáveis pela inovação no âmbito industrial produtivo. O conhecimento tecnológico é um recurso essencial para as organizações mundiais produtivas, sendo capaz de ser uma ferramenta que possibilita uma certa vantagem comparativa temporal. Quando a ideia de inovar tecnologicamente é assumida, requer planejamentos estratégicos bem definidos, a fim de garantir a eficiência dos recursos implantados com relação a fatores como, o tempo e a escassez de produtos, tendo sempre em paralelo o conhecimento e familiaridade ao campo de pesquisas científicas mundiais (TEIXEIRA, 2013).

O interesse na busca por previsões futuras surgiu há muito tempo. Na Grécia, por volta de VI a.C., foi criado um templo em que pessoas da época, como reis, pesquisadores, guerreiros entre outros, iam à procura de previsões que o futuro viria guardar para cada uma dessas pessoas, sendo referência da inspiração poética e profética na época. O local em questão, ficou mundialmente conhecido como o templo do Oráculo de Delfos e ainda existe nos dias atuais, mesmo que em ruínas, está localizado na Grécia, junto ao monte Parnaso. O templo do Oráculo de Delfos foi uma das mais influentes e poderosas instituições do mundo grego antigo, e ainda declarado pela UNESCO como patrimônio mundial da humanidade (PUCRS, 2011).

As tentativas sistêmicas de antever situações futuras de investimento, ou seja, para qual for a aplicação, pode resultar em perspectivas bem direcionadas no presente, afirma Teixeira (2013). Com a rápida e constante transformação econômica, social e ambiental do conhecimento, os estudos prospectivos de curto e médio prazo, são ferramentas capazes de proporcionar tal vantagem apresentada anteriormente. A prospecção tecnológica, ajuda, de forma analítica, a diminuir riscos e incertezas de ações em um futuro. Apesar de ser uma ferramenta de estudo recente, é incontestável o seu potencial de mapeamento e estudo de projeção em determinada área de conhecimento. As metodologias de estudos e pesquisas através da prospecção tecnológica, ainda são pouco conhecidas, abrindo espaço para a disseminação e apresentação de resultados já obtidos nos âmbitos nacional e internacional, ressaltando, que no Brasil já temos diversos estudos e aplicações desse modelo, tendo

uma temática em específico com o devido caso de estudo. Por exemplo, empresas brasileiras já vem se tornando cada vez mais competitivas no mercado, utilizando a prospecção tecnológica como ferramenta estratégica.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi de realizar um estudo prospectivo da avaliação da capacidade de larvas de *Tenébrio* na biodegradação de resíduos de poliestireno.

1.2. Estrutura da monografia

O trabalho presente encontra-se subdividido em três capítulos: primeiro capítulo apresenta a introdução com a contextualização do tema trabalhado, fazendo *links* com o âmbito geral da prospecção científica no ambiente de pesquisas e o objetivo geral do trabalho. Seguido da metodologia na realização de uma prospecção científica, citando alguns dos possíveis modelo.

O segundo capítulo traz consigo o estudo prospectivo realizado durante o período do projeto de iniciação científica com a temática que se foi trabalhada. Obedecendo a estrutura padrão de um artigo científico, com a introdução, metodologia utilizada para a realização do estudo e pesquisas, resultados e discussões e por fim, a conclusão da prospecção científica feita.

O terceiro e último capítulo aborda as considerações finais do trabalho realizado. Apresentando pontos observados e discutidos no artigo científico do capítulo dois, trazendo ainda, a contextualização do âmbito da pesquisa mundial e nacional de prospecção científica e o que se espera nos próximos anos. E nas referências, encontram-se todos os trabalhos e seus devidos autores, que foram fundamentais para a realização das pesquisas e construção do trabalho.

2. METODOLOGIA

Segundo Martino (1983) uma previsão tecnológica se divide, primordialmente, em quatro etapas básicas, que servem como base para outras ramificações de estudo, sendo: a data da previsão ou data futura quando a previsão será realizada, as características ou potencialidades da tecnologia em questão, uma breve indicação sobre a probabilidade e a tecnologia que está sendo prospectada. Sabe-se que nesse âmbito de probabilidades e prospecções, o risco dos dados e estudos utilizados no processo é um fato a ser considerado, tanto quanto as demais considerações. Alguns destes riscos, são: primeiro, a confiabilidade e incerteza dos dados, a complexidade do estudo com a realidade dos fatos, o controle de não agir com a emoção e o otimismo exagerado e a dificuldade de exercer os reais resultados que os dados trouxeram sem “forçar” um possível resultado tendencioso. Como uma forma de auxiliar com esses riscos envolvendo os estudos prospectivos, foram desenvolvidas algumas metodologias de pesquisa, dependendo da aplicação.

Sabe-se que quanto maior o número de informações e dados que complementam o processo envolvendo o estudo da probabilidade, melhor tende a ser o resultado, ou seja, mais próximo será do quociente almejado. Em outras palavras, quanto mais dados obtidos e tempo dedicado à pesquisa e estudo do caso, mais confiável será a prospecção. A estratégia para selecionar a metodologia que será utilizada para o estudo prospectivo depende da ferramenta de pesquisa que será adotada para a obtenção do banco de dados. Os sistemas de pesquisa podem variar de métodos formais à informais, gerando resultados quantitativos e qualitativos, afirma Coelho (2003). Alguns dos métodos informais são: comitês especialistas em discussões (*workshops*). Como exemplo dos formais: discussões organizadas sobre tópicos estruturados, análises morfológicas, método de *Delphi*, construção e análise de cenários possíveis. O método de *Delphi* teve sua origem do Oráculo de *Delphos*, desenvolvido por órgãos associados à Defesa dos Estados Unidos, em meados do ano de 1950 durante a guerra fria. Apesar de ter sido criado para uma estratégia bélica, atualmente é bem utilizada em diversos campos como na medicina, *marketing*, biotecnologia entre outras, afim de serem assegurados de uma boa fonte na tomada de decisões em suas estratégias. O objetivo deste método é de facilitar e melhorar a tomada de decisões em uma certa organização, feitas por um grupo de indivíduos especialistas em certo assunto sem ser necessário uma interação cara-a-cara (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003 apud Marques; Freitas, 2018).

A dificuldade em se categorizar os métodos e técnicas possíveis para a realização de uma prospecção é notável, juntamente com o grande número de propostas apresentadas por diversas fontes especialistas da área. Seguindo nessa ideia, Coelho (2003) baseou-se em duas referências no assunto, unindo as teorias de Porter et al (1991) e Skumanich & Silbernagel (1997), levantando a propostas de seis pilares divisores como proposta para a realização da prospecção. As seis famílias são:

1. Monitoramento e sistemas de inteligência;
2. Análise de tendências;
3. Opinião de especialistas;
4. Modelos computacionais e ferramentas analíticas;
5. Cenários;
6. Criatividade;

2.1. Monitoramento e sistemas de inteligência

Este processo trata-se de monitorar o âmbito de pesquisa em questão, ou seja, o acompanhamento e informações da temática da prospecção. Essas informações adquiridas são sinalizadas, analisadas e adequadas para serem utilizadas no projeto a se prospectar. Porter et al (1991, apud Coelho 2013) afirma ainda, que o monitoramento não se encaixa como uma técnica de prospecção, mas que ainda assim, é a mais básica e amplamente a mais utilizada, isso por ser capaz de abastecer de informações necessárias referentes ao cenário, sendo indispensável em todo o projeto.

Alguns pontos de objetivos no ato de monitorar, são:

- Identificar programas socioeconômicos, técnicos e científicos impactantes para a produção do projeto prospectivo;
- Servir como parâmetro de alerta, sobre tendências mundiais convergentes, divergentes sobre tal temática;
- Identificar situações oportunas para toda a organização envolvida no ambiente de projeto;
- Detectar ameaças possíveis para o projeto, tendo uma maior atenção nas ameaças implícitas que possam interferir.

2.2. Análises de Tendências

De acordo com Skumanich & Silbernagel (1997) apud Coelho (2003), a análise de tendências é conhecida por ser a forma mais simplória de prospectar, baseada na ideia de que padrões observados no passado tendem a acontecer em um futuro esperado. Claramente, essa hipótese aderida nesse método é baseada em técnicas matemáticas e estatísticas, coletando informações sobre uma certa variável baseada no tempo, tanto no presente em que se é observado quanto no futuro, ao que se planeja. O ato de observar fenômenos naturais trouxe a capacidade do reconhecimento das leis científicas que demonstram o processo de evolução e melhorias de uma certa causa, e essas leis formulam os processos de crescimento ou inovação tecnológica.

Diferentemente de outros fenômenos naturais, o desenvolvimento da inovação tecnológica depende diretamente de questões socioeconômicas complexas provindas de ações humanas. A humanidade registra padrões comportamentais baseadas em suas experiências, podendo ter um leque infinito de situações em que cada um vive, e também de uma visão mais ampla, onde ao invés de se observar apenas um indivíduo, observa-se também o comportamento em sociedade, e esses padrões históricos servem como uma base de dados para os cientistas sociais preverem eventos em um futuro esperado (REIS; VINCENZI; PUPO, 2016).

2.3. Opinião de Especialistas

Neste tópico, pode-se definir a opinião de especialistas como a visão de um futuro próximo sendo consideradas as informações, conhecimento e a lógica de indivíduos com uma considerável conhecimento e familiaridade no assunto em que se trabalha. Os métodos que usam a opinião e a lógica de especialistas, são considerados no mundo da prospecção, métodos qualitativos, ou seja, devem ser usados quando a situação e a informação desta, não puderem ser quantificados (Skumanich & Silbernagel 1997 apud Coelho, 2003).

A técnica que está sendo abordada, emprega um constante questionamento individual de especialistas ou peritos no assunto, em conjunto com a opiniões destes profissionais, usadas como uma forma de complementar o estudo em questão (REIS; VINCENZI; PUPO, 2016).

2.4. Modelos computacionais

Muitos dos métodos deste subgrupo, vem sendo bem alimentados com o desenvolvimento e inovação da tecnologia de equipamentos eletrônicos. Conforme afirma Coelho (2003), formas de modelagem e simulações estão sendo essenciais quando se trata de um estudo prospectivo, sendo ainda, bem equipados pelo processo de mineração de dados e sua grande quantidade de informações no campo desejado. Quando assim analisado, o próprio método de *Delphi*, atualmente utiliza da ferramenta *internet* para ser sua rede de dados na obtenção de informações de tal estudo, e em seguida, métodos computacionais para o tratamento destes dados adquiridos. Alguns modelos baseados na tecnologia da informação foram definidos a um bom tempo atrás, porém, o uso destes na criação de um estudo prospectivo é relativamente recente.

As principais técnicas são: modelagem de agentes, modelos casuais, *Complex Adaptive System Modeling*, Modelagem de base econômica (*Input-Output Analysis*), *Cross-Impact Analysis*, *Diffusion Modeling*, simulação de cenários (jogos e cenários interativos), análise da sustentabilidade, avaliação da tecnologia, simulação de sistemas (*system dynamics*,) e substituição tecnológica (Porter et al., 2004 apud Reis; Vincenzi; Pupo, 2016).

2.5. Cenários

De forma simplificada, a ferramenta “cenário” trata-se de uma descrição de um possível futuro em questão, baseada em diversas chaves de ideias, temáticas e eventos que vieram a acontecer entre o tempo que se atua e vive até ao momento que se pretende definir. Ainda, a expressão “cenário” se refere à um conjunto de hipóteses que devem afirmar e confirmar quesitos convenientes para a pesquisa, mas que, segundo Godet, Durance e Gerber (2008), esse cenário precisa conter hipóteses que obedeçam a cinco condições para seguir como tal. As cinco condições são: coerência, pertinência, importância, transparência e probabilidade. E ainda, o cenário deve ser realizado entre os dois principais nichos, exploratório e normativo.

O cenário exploratório normalmente é direcionado mais ao passado, e presente, sendo capaz de apresentar um futuro provável, sendo baseado nesses fatos registrados sem ser introduzidos o desejo e a expectativa de um futuro. Por outro lado, um cenário normativo é construído através de imagens e projeções possíveis de um futuro, podendo ser do perfil otimista ou até a forma mais temida dentro do projeto apresentando um perfil retro projetivo, mas que ainda assim, apresenta uma forma de se preparar para as

possibilidades que podem ser enfrentadas mais adiante, podendo introduzir fatos desejáveis que possam vir acontecer e agir diante disso (GODET; DURANCE; GERBER, 2008).

2.6. Criatividade

Pode-se definir a criatividade sendo um meio de ampliar a habilidade de visualizar e recriar futuros alternativos para a metodologia adotada. Coelho (2003) ainda afirma, baseado no trabalho de Guilford e Porter et al. (1991) que existem cinco elementos essenciais na criatividade em uma prospecção, essas são:

- Flexibilidade: habilidade de transformar costumes comuns e familiares em novos conceitos, se adaptando conforme a necessidade do estudo;
- Originalidade: habilidade e capacidade de ter ideias respectivas ou fora do comum;
- Fluência: habilidade de gerar ideias em grandes quantidades;
- Vigor: força e motivação para realizar as tarefas planejadas;
- Percepção: habilidade de perceber e imaginar as conexões e relações não tão óbvias no projeto;

Ainda há formas de ampliar a criatividade, seja de forma individual ou até mesmo coletiva, que possibilitam a identificação de futuros alternativos, mas que não cabem ser citados neste trabalho, devido a profundidade da temática.

No capítulo 2 - Redação de uma prospecção na forma de artigo, realizada a partir dos dados coletados no banco de patentes do Banco Europeu de Patentes (*Espacenet*®). O artigo, pode ser alocado com a metodologia da produção de um cenário exploratório, por ter um banco de dados de pesquisas realizadas baseadas nas patentes mundiais do assunto em questão no passado, presente e assim, sendo possível uma projeção de um futuro no âmbito de pesquisa. A metodologia do artigo será abordada devidamente a seguir.

Capítulo 2 – ESTUDO PROSPECTIVO: AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE LARVAS DE TENÉBRIO NA BIODEGRADAÇÃO DE RESÍDUOS DE POLIESTIRENO

3. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o mundo vem passando por grandes revoluções no ambiente político, cultural, econômico e tecnológico. E com esse avanço, torna-se visível a lacuna de distanciamento dos países que não conseguiram acompanhar esse avanço em relação aos considerados de “primeiro mundo”. Toda essa revolução tecnológica trouxe também consequências ambientais, com a produção e consumo mundial de materiais plásticos (polímeros) no cotidiano das pessoas e suas devidas formas de descarte e tratamento (AMPARO; RIBEIRO; GUARIEIRO, 2012).

O lixo urbano é o principal e mais comum fator que impacta diretamente na poluição ao meio ambiente. Atualmente a cultura da população é querer um lugar saudável, limpo e puro para que assim haja uma qualidade de vida, no entanto quando observado os hábitos e a mentalidade baseada nas ações dessas pessoas, não é condizente com o que almejam. No Brasil, os resíduos sólidos – materiais, substâncias e objetos descartados – são despejados a céu aberto, lançados em vias públicas de esgoto e um percentual incinerado, resultando em consequências para a sociedade e o meio ambiente. Entre esses resíduos sólidos descartados, alguns mais complexos, como materiais de construções civil, materiais hospitalares, radioativos, agrícolas, industriais e minerais, lixo doméstico e limpeza urbana, sendo estes, classificados como resíduos sólidos urbanos (RSU). Dentre o RSU, o plástico é o principal material de descarte dentre os resíduos, pela sua diversidade na utilização, facilidade e praticidade. As cidades brasileiras vêm registrando um aumento notável na quantidade de RSU descartados e como consequência, sérios problemas ambientais e de saúde pública para toda a população (ANTENOR; SZIGETHY, 2020).

O poliestireno (PS) é um dos polímeros (plásticos) mais utilizados pela humanidade atualmente, devido a sua imensa versatilidade em aplicações, podendo ser fabricado a partir dele, embalagens de alimentos, eletrodomésticos, peças de automóveis e utensílios laboratoriais. O PS não é um plástico biodegradável, sua decomposição no meio ambiente ocorre em média de 300 anos quando descartado incorretamente, tendo como duração, média de 3 gerações para que venha a se decompor por completo no meio ambiente. O que demonstra o quão é prejudicial a má informação de tal ato da população. Essa característica requer uma atenção redobrada, pois com o aumento do uso e consequentemente da fabricação de objetos a base deste

polímero há também o alto índice de impacto negativo ao meio ambiente (HAYEEMASAE, N., & ISMAIL, H., 2021). Segundo Teotônio (2020) um material é considerado biodegradável quando ao fim do seu ciclo de vida sofre o processo de compostagem em até 180 dias, com a ação de fatores naturais, como umidade, calor, luz, oxigênio, nutrientes orgânicos e de microrganismos.

A abordagem da biodegradação do PS teve início em 1979 e desde então tornou-se necessário o estudo de meios para encontrar um método de reciclagem destes materiais, reutilização e até mesmo encontrar alguma forma de torná-los biodegradáveis. Sabe-se que até o momento a reciclagem do PS vem sendo por meio de métodos mecânicos, químicos e térmicos. O processo de reciclagem mecânica é um dos mais utilizados, sendo interessante, pois nele há a vantagem do custo-benefício no processo. Este método, geralmente, é pela desfragmentação do PS, para que assim seja reciclado e utilizado para a produção de um novo artefato. No entanto, sabe-se que neste processo algumas de suas propriedades mecânicas são afetadas, tornando-o de certa forma limitado para possíveis finalidades futuras (HAYEEMASAE, N., & ISMAIL, H., 2021).

Um outro método de reciclagem do PS bastante utilizado é o térmico, mas neste processo há uma grande produção de dioxinas, que por sua vez são a causa de uma grande poluição ambiental. A partir desta problemática ambiental, o método de decomposição biológica torna-se interessante pelo fato de não haver a produção de dioxinas e reduzir os danos ambientais (TANG; KUO; LIU, 2016).

Atualmente, é notável o interesse de estudos e pesquisas em buscar novas alternativas de degradação de compostos químicos com estrutura complexa. Uma alternativa limpa e eficaz de tratamento destes componentes é o uso da biotecnologia como ferramenta. Por definição, refere-se à utilização de sistemas biológicos, organismos vivos ou derivados para modificar ou criar produtos e processos em suas determinadas funções (FERRO, 2010).

Um agente biológico degradante que vem se tornando cada vez mais interessante, conforme os estudos tecnológicos avançam, é o uso de micro-organismos para tal feito. O fungo por exemplo, é um agente biológico capaz de degradar substâncias químicas de estruturas complexas, de forma a produzir moléculas mais simples e fácil de serem assimiladas, auxiliando assim em sua biodegradação. Com essa mesma linha de biotecnologia, o uso de agente biológicos para a biodegradação de materiais poliméricos vem sendo uma das principais alternativas para ações de proteção ao meio ambiente (BRITO, 2004). Diante as mudanças tecnológicas ocorridas

nas últimas décadas, ter uma visão e planejamento para um futuro sustentável é evidente, assim como buscar caminhos alternativos para tal se faz necessário. Neste contexto a prospecção tecnológica surge com o propósito de designar atividades para incorporar informações ao processo de gestão tecnológica, tentando ao máximo prever possibilidades de estados futuros (AMPARO; RIBEIRO; GUARIEIRO, 2012).

Considerando o cenário abordado, este trabalho tem como objetivo demonstrar a relevância do estudo de prospecção tecnológica, tendo como base de dados os documentos de patentes relacionadas à biodegradação do PS por meio do inseto *Tenebrio Molitor*, no Banco Europeu de Patentes, o *Espacenet*®. Através de uma pesquisa a nível mundial da atual situação, o estudo prospectivo é capaz de evidenciar os principais países detentores de tal tecnologia de processo e ainda assim a possível aplicabilidade deste tema em diversos setores mundiais de produção.

4. METODOLOGIA

As pesquisas e estudos prospectivos ocorreram no período entre outubro de 2020 a agosto de 2021, onde foi realizada uma pesquisa no banco de dados de patentes da *European Patent Office (EPO) (Espacenet*®). O *Espacenet*® é um serviço *online* gratuito servindo como ferramenta de pesquisas e pedidos de patentes mundiais, tendo em seu acervo mais de 90 milhões de publicações e abrangendo depósitos em mais de 100 países.

Neste trabalho foram utilizadas duas formas de pesquisas avançadas (*Advanced Search*) com o preenchimento dos campos “título e resumo” (*title or abstract*), com as palavras-chave “*tenebrio*”, “*biodegradation*” e “*polystyrene*”, o outro modo de pesquisa avançada foi utilizado com as mesmas palavras-chave, porém sendo preenchida a seleção “campos de textos” (*Text Fields*) que abrange qualquer citação das palavras selecionadas em qualquer parte do material (documento), diferentemente da primeira pesquisa, que por sua vez coleta os dados de documentos (patentes) que possuem apenas no título ou resumo as palavras-chave utilizadas. Esta segunda busca teve como objetivo obter outra visão do campo de pesquisa com as palavras-chave selecionadas, no entanto, para o tratamento de dados não foi interessante, pois baseando-se nesta segunda alternativa de pesquisa, qualquer trabalho que viesse a citar qualquer um dos termos utilizados, seria sublinhado nos resultados. Isso não é algo vantajoso para o levantamento da base de dados, pois o trabalho em questão pode apenas estar usando algum dos termos como comparação, ou ainda, uma citação

superficial no corpo do texto, tendo sua finalidade e objetivo principal, um assunto completamente diferente ao que se almeja.

Buscando um resultado mais refinado da pesquisa, foram utilizados códigos *International Patent Classification (IPC)* em conjunto com as palavras-chave como citadas anteriormente. A **Tabela 1** descreve os códigos e suas especificidades.

Tabela 1 – Códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC) utilizados no estudo.

Código	Classificação
A	Necessidades Humanas
A23	Alimentos ou gêneros alimentícios; tratamento dos mesmos; não cobertos por outras classes;
C	Química; Metalurgia
C08	Compostos macromoleculares orgânicos; sua preparação ou trabalho químico; composições baseadas neste;
C08L	Composição de compostos macromoleculares (composições à base de monômeros polimerizáveis; filamentos ou fibras artificiais; composições de tratamento de têxteis)
C08L 67/00	Composições de poliésteres obtidas por reações de formação de um elo éster carboxílico na cadeia principal (de poliéster-amidas; de poliéster-imidas); Composições de derivados de tais polímeros

Fonte: Banco Europeu de Patentes (2021). Próprio autor (2021).

A pesquisa no banco de dados utilizando a palavra-chave “*polystyrene*” revelou um resultado com mais de 60.000 documentos de patentes. Com a palavra-chave “*biodegradation*” houveram pouco mais 5.000 documentos, entretanto, visando um resultado mais limitado de documentos na pesquisa, utilizou-se a combinação de tais palavras-chave com os códigos apresentados anteriormente e estes estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de documentos de patentes encontradas combinando as palavras-chaves com códigos IPC na plataforma *Espacenet*®.

Título ou resumo	A23	C08	C08L	C08L 67/00	Total (EPO)
Polystyrene					>60.000
Biodegradation					>5.000
Tenebrio					946
Tenebrio and polystyrene					3*
Polystyrene and biodegradation					27
Biodegradation*	x				141*
Biodegradation*	x	x			6*
Biodegradation*	x		x		5*
Biodegradation*	x			x	0

*Combinação utilizada para o estudo. Fonte: Próprio autor (2021).

Com a combinação obtiveram 155 documentos de patentes. Na tabela a cima, pode-se observar a combinação de palavras e códigos utilizados para obtenção dos dados, como exemplo, a palavra *biodegradation* aparece diversas vezes na primeira coluna da Tabela 2, isso se dá quando utilizada juntamente com os códigos IPC e CPC. Todos os documentos utilizados para o estudo prospectivo foram baixados do próprio *site*, na opção de *download* da patente, posteriormente compactados e exportados da plataforma digital de dados de patentes *Espacenet*® para o programa *Microsoft Office Excel* 2019, possibilitando assim o tratamento e a análise dos dados obtidos através da pesquisa. No programa *Excel*, os dados obtidos passaram por etapas à fim de refinar as informações. Dentre as etapas, por exemplo, a exclusão das duplicatas das patentes, geração de gráficos e organização de títulos e instituições contribuintes para tal estudo.

Para este estudo de prospecção tecnológica os arquivos tratados no programa *Microsoft Office Excel* 2019 serviram como base de dados, tendo como objetivo a análise do panorama mundial, no que se refere ao uso de insetos comestíveis, em específico o *Tenebrio Molitor*, como agente de biodegradação de substâncias, e tendo como foco a biodegradação do PS. A análise de dados para a realização deste estudo, foi baseada na leitura dos títulos e resumos dos documentos de patentes adquiridos,

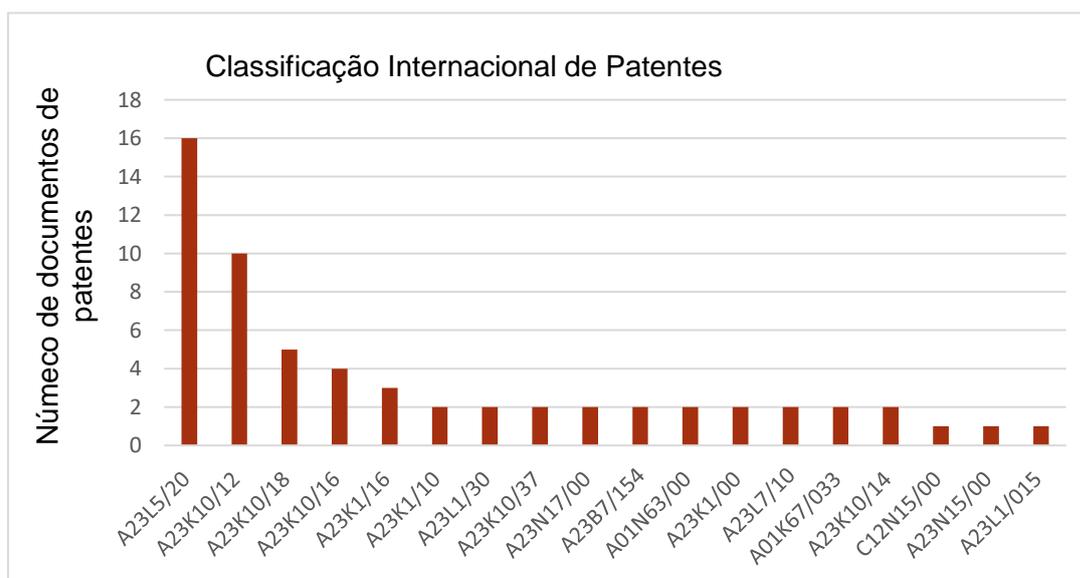
em conjunto com indicadores presentes nos dados de patentes obtidos no *Espacenet*®, indicadores tais como: o ano de depósito, os países em que foram depositados, seus códigos de classificação internacional, inventores e investidores.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **Figura 1** apresenta o número de documentos de patentes depositados com base no Código de Classificação Internacional de Patentes (IPC) sobre o tema em questão: avaliação da capacidade de larvas de *Tenebrio* na biodegradação de resíduos de PS (poliestireno). Este sistema de classificação IPC foi criado a partir do Acordo de Estrasburgo, em 1971. O intuito desta classificação é exatamente obter uma forma de uniformizar e organizar os diversos temas das patentes, a nível internacional (INPI, 2021).

Segundo INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) (2021), esta ferramenta de classificação busca tornar possível e eficaz a recuperação dos documentos de patentes por parte dos escritórios de propriedades intelectuais e demais usuários. O controle e avaliação de divulgações técnicas em pedidos de patentes, também se torna real com tal ferramenta.

Figura 1 - Número patentes por Código de Classificação Internacional (IPC) no período de 1977 - 2020.



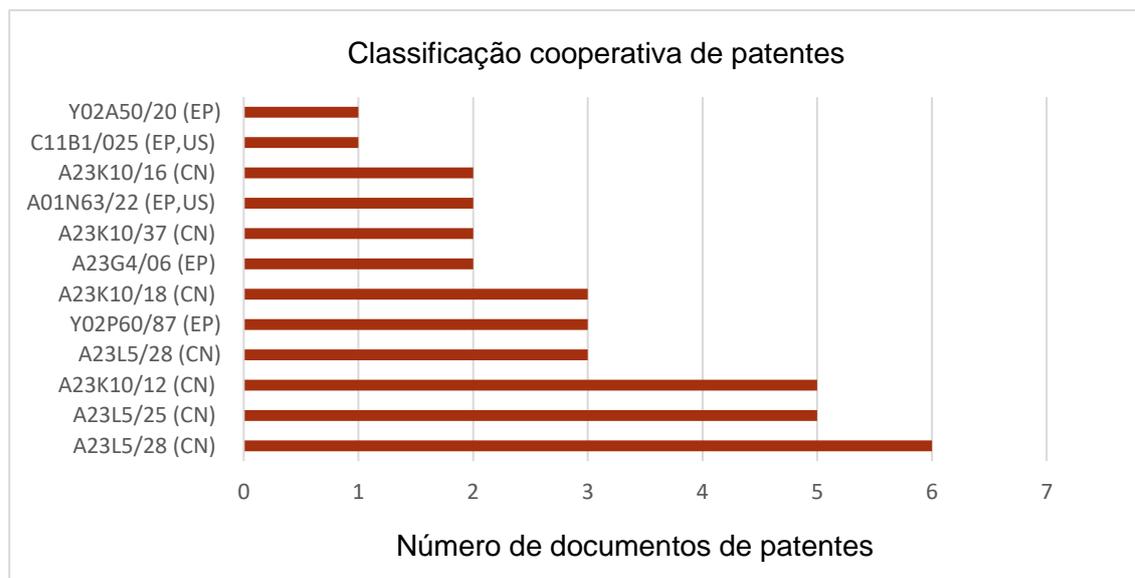
Fonte: Próprio Autor (2021).

Os documentos de patentes encontrados, se classificam nas classes A (necessidades humanas) e C (química). Das patentes pesquisadas, a grande maioria foi da classe A, e partindo disso, encontraram-se subclasse A23 que corresponde à alimentos ou gêneros alimentícios; tratamento dos mesmos; não cobertos por outras classes. O código IPC A23L5/20 referente à remoção de matéria indesejada, por ex. desodorização ou desintoxicação (remoção de substâncias indesejáveis, por exemplo, amargas, de leguminosas ou leguminosas A23L11 / 30), foi o que apresentou maior número de patentes depositadas, correspondendo ao número de 16 documentos, seguido do código IPC A23K10/12 que se refere à fermentação de produtos naturais (por exemplo do material vegetal, material residual animal ou biomassa).

Dentre as classificações de patentes, há ainda a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC), lançada em 2013, sendo o resultado da cooperação entre os escritórios Norte-Americano de Patentes e Marcas (USPTO) e o Europeu de Patentes (EPO). O CPC é um modo mais detalhado de se obter os documentos de patentes, permitindo ao pesquisador ter um resultado mais apurado em sua busca ao banco de dados (INPI, 2019).

Nos códigos de CPC encontrados no banco de dados, o que obteve maior número de documentos registrados foi o A23L5/28, tratando da preparação ou tratamento de alimentos ou gêneros alimentícios em geral; alimentos ou produtos alimentícios assim obtidos; materiais para os mesmos (preservação dos mesmos em geral A23L3/00); remoção de matéria indesejada, por exemplo, desodorização ou desintoxicação (remoção de substâncias indesejáveis, por exemplo, amargas, de leguminosas ou leguminosas A23L11/30) usando micro-organismos. Este código CPC obteve um número de 6 depósitos (Figura 2), seguido do A23K10/12 com cinco depósitos, referente ao tema de alimentos para animais; obtido por processos microbiológicos ou bioquímicos (usando produtos químicos ou microrganismos para ensilagem de forragens verdes A23K30 / 15); por fermentação de produtos naturais, por exemplo de material vegetal, material residual animal ou biomassa.

Figura 2 - Classificação cooperativa de patentes (CPC) no período entre 1977-2020.



Fonte: Próprio autor (2021).

Camargo (2007) afirma as três orientações básicas da humanidade ao longo de toda a história na terra, formando a relação humano-natureza. A primeira, ocorre no início de toda a história humana na terra, via-se um sujeito subjugado pela natureza, onde o natural era uma forma soberana, indomável e imprevisível. A segunda orientação básica do homem ocorre com todo o processo de revolução científica e industrial, onde a posição do homem é alterada, vista por si mesmo como o ser imbatível e superior ao mundo natural, trazendo consigo o desejo (as vezes sem propósito algum) de domar, controlar e explorar todo o universo natural do planeta. Sabe-se que até em dias atuais, essa mentalidade comentada da segunda orientação, infelizmente, é muito propagada. A terceira fase, vem de forma mais reflexiva e cultural, onde o homem busca e compreender o funcionamento da natureza, e se pôr aos limites dela.

Segundo Silva e Catão (2012) o despertar da humanidade, com relação às preocupações ao meio ambiente, teve uma notável alavancada após a devastação ocasionadas das duas guerras mundiais, a partir disso, houve uma percepção mútua de vários lugares do mundo, vendo o dano que as armas bélicas estavam trazendo ao planeta. A primeira ação significativa deste movimento de conscientização mundial para com o meio ambiente, ocorreu em 1950, sendo somente no ambiente científico/acadêmico.

Na década de 1960 esse movimento ganha força. No ano de 1962 a jornalista e bióloga Rachel Carson publica seu livro *Silent spring* (Primavera silenciosa), livro este, que alertava das consequências do uso intensivo do DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano) e outros agrotóxicos em plantações. Dessa forma, o livro foi alvo de grande debate entre cientistas e profissionais do assunto. Um grupo de 30 especialistas em diversas temáticas, em 1968, se reuniram para fundarem o que posteriormente ficaria conhecido como o “Clube de Roma”, que se trata de um grupo não governamental, com o objetivo conjunto de discutir questões ambientais e econômicas, e assim de um futuro da humanidade na no planeta Terra (SILVA E CATÃO, 2012).

Conforme Silva e Catão (2012), uma década marcada por diversas criações de organizações internacionais, foi a de 1970, cujo objetivo dessas, de desenvolver a discussão sobre a problemática ambiental mundial. Em 1971, surge o movimento ambientalista organizado, trazendo consigo organizações hoje, bem nomeadas, tais como *Greenpeace*, e posteriormente o surgimento da WWF (*World Wildlife Fund*). Dessa forma, a ideia da preocupação e preservação ambiental à nível mundial vem ganhando força. A partir de 1980, o movimento de desenvolvimento conhecido como “globalização” surge, com o objetivo homogeneizar diversos países do mundo, no entanto, marca novamente um avanço significativo da industrialização mundial, e conseqüentemente, um maior índice de poluição na época.

Mais adiante, em outubro de 1990, ocorre em Genebra, a Conferência Mundial sobre o Clima, promovida pela Organização Mundial de Meteorologia, abordando as complicações e alterações no equilíbrio climático mundial (Dias, 2003). Dois anos depois, em 1992 ocorre na cidade do Rio de Janeiro a II Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida por Rio-92, Eco-92 ou Cúpula da Terra, posteriormente nomeada como o evento mais impactante de grau mundial no século XX (SILVA E CATÃO, 2012).

Em 1997, foi assinado no Japão, o protocolo de Kyoto. A elaboração desse acordo, teve como objetivo a revisão e redução da emissão de gases provindas do movimento de desenvolvimento industrial em todo o mundo, responsáveis pelo fenômeno “efeito estufa”, propondo metas e obrigações aos países. Esse acordo foi elaborado durante a III Conferência das Partes (órgão supremo Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima), este tratado entrou em vigor no ano de 2004 (SOUSA, 2019).

A evolução temporal (anual) dos documentos de patentes encontrada na pesquisa feita teve seu primeiro registro no ano de 1977, sendo registrados os demais trabalhos

até o ano de 2020, como mostrado na Figura 3. Com base no gráfico da Figura 3, pode-se concluir a preocupação mundial com relação à biodegradação de substâncias consideradas não biodegradáveis e danosas ao meio ambiente, englobadas na atenção de organizações mundiais no decorrer das últimas décadas.

Figura 3 – Evolução temporal de patentes entre o período de 1977 – 2020.



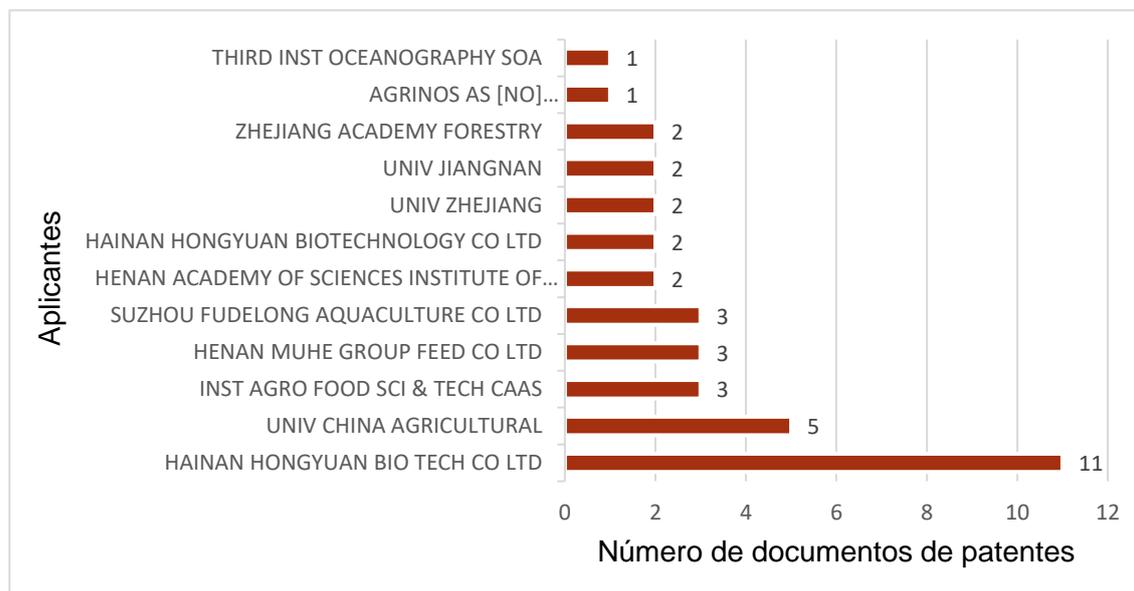
Fonte: Próprio autor (2021).

A primeira patente registrada dentro da pesquisa realizada ocorreu em 1977, foi depositada nos Estados Unidos US4225620 (A), tendo como seu depositante a “*Blue Wing Corp.*”. A patente refere-se a um método para alimentação de animais ruminantes, tratando-se de um modo melhorado de alimentar esses animais em questão, visando uma melhoria na produção de carne, gordura e leite através de uma alimentação à base proteica tratado com álcali, que por sua vez resiste à biodegradação no rúmen, mas que é prontamente assimilável no intestino pós-rúmen. O segundo documento de patente registrado, também foi nos Estados Unidos US4490400 (A), no ano de 1982.

No ápice de crescimento no número de documentos de patentes registrados no ano de 2019 (20 documentos), a instituição depositante que mais obteve registros foi a *HAINAN HONGYUAN BIO TECH CO LTD*, com porcentagem total de 57,9% de todos os registros dos documentos de patentes em 2019 (Figura 4). A grande maioria dos documentos depositados pela instituição, descreve métodos de biodegradação de toxinas em sementes de milho pulverizadas por meio de uma ação microbiana, dentre essas toxinas em questão, tem-se a zearalenona (ZEN) (CN111820361 [A]). Outro método abordado por um dos documentos depositados pela mesma instituição é sobre

a biodegradação da toxina aflatoxina encontrada no farelo de trigo armado, tendo como agente de biodegradação o *flavobacterium aurantiacum*.

Figura 4 - Depositantes de patentes entre o período de 1977-2020.



Fonte: Próprio autor (2021).

O plástico convencional é um polímero resistente, com origem de materiais orgânicos proveniente do petróleo, produzido a partir da polimerização, ou seja, uma série de reações químicas. Atualmente os plásticos se encontram na rotina de bilhões de pessoas, pela sua praticidade e funcionalidade, no entanto, esse fato traz consigo uma grande problemática, são produzidas mais de 400 milhões de toneladas de plásticos em todo o planeta por ano, número este que traz preocupação considerando o descarte destes plásticos pós uso (Fundação *Heinrich Böll Stiftung*, 2020).

De acordo com um relatório publicado pela fundação alemã *Heinrich Böll*, em até 2050, o planeta Terra pode enfrentar um aumento de 50% na produção total de plásticos (Brito, 2020). Analisando a produção atual e o descarte consequente de plásticos, vê-se números assustadores. No Brasil têm-se 11 milhões de toneladas ao ano de plásticos sendo descartados, um incremento dessa magnitude é, no mínimo, preocupante. Com esses números o Brasil se encontra como o 4º país de maior produção de lixo no mundo perdendo apenas para os Estados Unidos (70 milhões de toneladas/ano), China (54 milhões de toneladas/ano) e Índia (19 milhões de toneladas/ano). Em tempos passados, a ideia de se produzir um objeto ou equipamento era diretamente ligada a fazer com que este produto fabricado pudesse durar o máximo de tempo possível, alimentos eram fornecidos a granel e garrafas de insumo humanos eram de vidro, de forma a serem

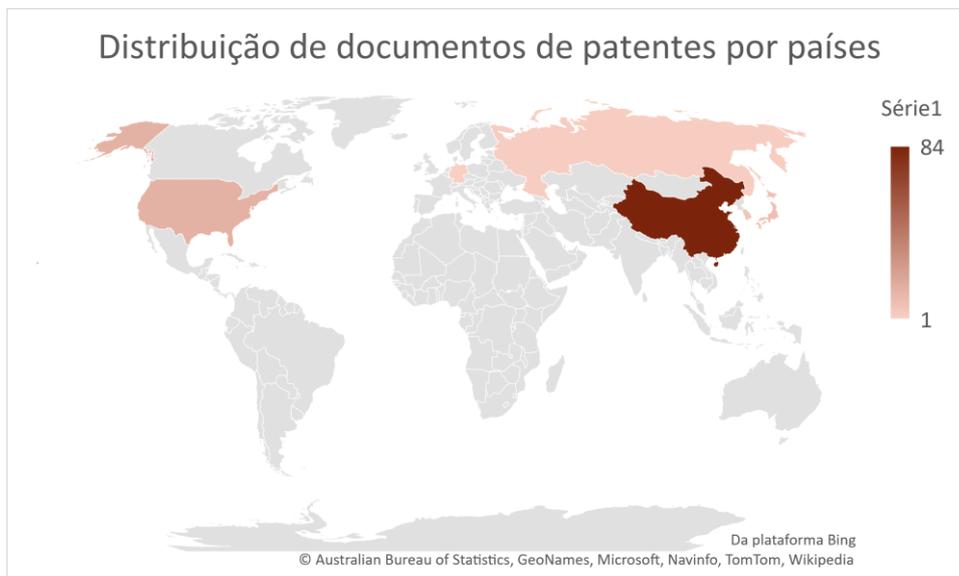
lavadas e reutilizadas, um exemplo disso é a forma em que o leite era distribuído em algumas cidades, mas em meados de 1950, as empresas começaram a implantar a cultura de máximo consumo das pessoas, e aproveitando a situação, visaram a economia na produção de embalagens plásticas, iniciando assim o imenso crescimento do uso destes materiais.

Nesta mesma época de implementação da cultura de “máximo consumo”, a ideia do plástico ser inovador, higiênico e moderno contribuiu de forma direta no “boom” de seu uso e produção, justificando os números abordados anteriormente. E no final do século XX o mundo já se encontra mais movimentado, com o aumento no número de empregos e pessoas começam a não ter tanto tempo como tinham antes, as cidades cresceram, trazendo mais passageiros e assim vindo a ideia de consumir o “fácil”, o mais prático. Alimentos processados, pré-cozidos encontrados no supermercado se tornaram a alternativa mais atraente para essas pessoas. No entanto, com essa vida corrida e cômoda, o consumo de sacolas plásticas, canudos, embalagens de PS e utensílios de polipropileno foram sendo cada mais utilizadas e descartadas, sendo óbvio, que com o passar do tempo, haveria um distúrbio ambiental devido ao descarte indevido destes plásticos (Fundação *Heinrich Böll Stiftung*, 2020).

Segundo, ainda, a Fundação *Heinrich Böll Stiftung*, no período entre 1950 à 2017 foram produzidas 9,2 bilhões de toneladas de plástico em todo o planeta terra. Isso corresponde, mais de uma tonelada de plástico por pessoa existente no mundo e 400 milhões de toneladas por ano, sendo que desta quantia, apenas 9% são devidamente reciclados, mas a atenção deve ser direcionada à porcentagem de 91% de todo esse lixo plástico deixado “à deriva” no meio ambiente.

Com as informações da análise dos bancos de dados dos países depositantes de documentos em patentes, revelam a concentração de incentivos e investimentos dos principais continentes desenvolvidos. A China lidera com um grande número de 84 depósitos de documentos de patentes, acompanhada dos Estados Unidos com 15 depósitos e ocupando a terceira posição do *ranking* de países depositantes sobre o tema, a Organização Mundial de Propriedade Intelectual, representada pela sigla “WO”, dentre a tabela de siglas de países depositantes de patentes (Figuras 5 e 6).

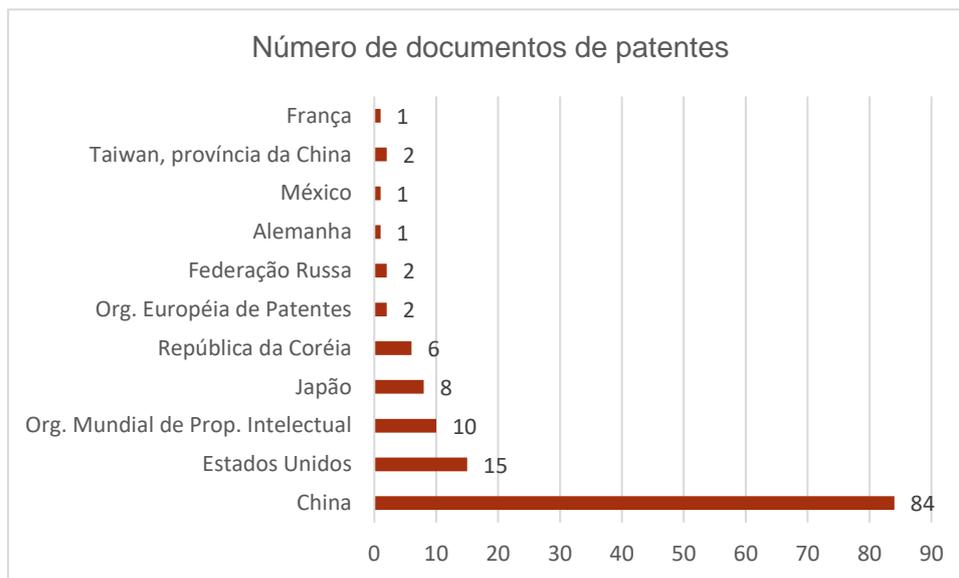
Figura 5 - Distribuição de documentos de patentes no período entre 1977-2020 dos países incentivadores.



Fonte: Próprio Autor (2021).

Dentre o banco de dados de patentes provindos somente da China (84 documentos de patentes), as instituições acadêmicas lideraram no número de documentos depositados, representando 48,8% do total depositado pelo país, seguidas pelas empresas investidoras com 35,7% dos documentos de patentes e por fim, 15,5% dos inventores independentes. Esses números demonstram um interesse e incentivo de pesquisa maior, vindo das universidades, que buscam uma nova alternativa de chegar à biodegradação de materiais considerados não biodegradáveis, através de insetos comestíveis como alternativa de agente de biodegradação, sendo considerada ainda, a ausência desse método de biodegradação de tal material polimérico no âmbito mundial, mas que a atenção de centros de pesquisas e acadêmicas já estão sendo voltadas à essa alternativa apresentada.

Figura 6 - Número de depósitos de documentos de patentes distribuídas por países no período de 1977 – 2020.



Fonte - Próprio Autor (2021).

Um documento de patente dentre os diversos encontrados no banco de dados deste estudo, aborda a temática em questão. O documento WO2018143750A1 aborda o uso de um micro-organismo isolado no intestino da larva do *Tenebrio Molitor* como agente de biodegradação de plásticos. Um aspecto abordado pelo documento (WO2018143750A1) é de fornecer um micro-organismo isolado da larva do *Tenebrio Molitor*, presente no grupo composto por *Klebsiella oxytoca reborn*, *Escherichia fergusonii*, e *Bacillus toyonensis*, possibilitando a atividade de biodegradação do plástico. Outra estratégia de biodegradação utilizada, foi baseada na cultura de um micro-organismo com atividade de degradação plástica, sendo isolado da larva do *Tenebrio* e sendo um ou mais do grupo citado à cima (*Klebsiella oxytoca reborn*, *Escherichia fergusonii*, e *Bacillus toyonensis*). Este micro-organismo seria responsável por degradar parcialmente ou completamente pelo menos um plástico dos que foram relacionados para o experimento, tais plásticos utilizados foram: tereftalato de polietileno (PET), cloreto de polivinil (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS) e polietileno (PE). A degradação resultaria em materiais de baixo peso molecular em condições específicas utilizadas, concluindo ainda, que este método da invenção poderia ser utilizado como processo de reciclagem ou na degradação seletiva dos plásticos, considerados hoje, como grandes responsáveis de materiais plásticos descartados indevidamente. A duração do tratamento variou entre 10 a 60 dias, sendo observados em um intervalo de temperatura de 25° a 40° C.

6. CONCLUSÃO

Com base na análise de dados e resultados obtidos no trabalho, verificou-se que a utilização de insetos comestíveis, em específico, o *Tenebrio Molitor* como agente de biodegradação ainda se encontra em estado de maturação, ou seja, ainda pouco disseminado. Espera-se que nos próximos anos, as pesquisas realizadas pela comunidade acadêmica venha se desenvolver de forma mais intensa, aumentando assim, o número de registros e indicando a necessidade de investimentos. Em contra partida, observou-se que a China, já é o país que mais investi neste campo, sendo responsável pelo maior número de documentos de patentes que abordam métodos de biodegradação de materiais à base de petróleo. No Brasil, ainda que em passos lentos, já se observa a preocupação na forma de produção de materiais poliméricos, visando não só a praticidade/funcionalidade, mas também na redução da emissão de poluentes que contribuem para a degradação ambiental.

Capítulo 3 – Considerações finais

Levando em consideração todo o âmbito da pesquisa abordada no trabalho, pode-se observar a relevância de um estudo prospectivo tecnológico. O artigo apresentado no capítulo 2, levantou dados de patentes baseadas na biodegradação do PS através do agente biodegradante *Tenebrio Molitor*, e assim, trouxe resultados que mostram o quanto um estudo prospectivo pode trazer em relação a um futuro próximo, não só no âmbito da pesquisa realizada, mas também de diversos campos tecnológicos.

Espera-se que nos próximos anos, o estudo prospectivo tecnológico continue caminhando em passos largos, trazendo suas diversas ferramentas para o bom desenvolvimento da humanidade. Prospectar é se planejar em um futuro possivelmente já analisado, é estar preparado para as possíveis dificuldades que estarão por vir. Vale ressaltar que o desejo de antecipar uma situação futura, se iniciou há muito tempo atrás, mas que ainda hoje, mesmo que de outras formas e tecnologias, percorre o mundo científico atual.

REFERÊNCIAS

AMPARO, Keize Katiane dos Santos; RIBEIRO, Maria do Carmo Oliveira; GUARIEIRO, Lílian Lefol Nani. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, [s. l.], v. vol. 17, p. p.195-209, 2012.

ANTENOR, Samuel; SZIGETHY, Leonardo. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos: Se cumpridas as determinações previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, o país poderá transformar o problema representado pelos materiais descartados em solução econômica e social, mas são necessários investimentos, em todos os níveis. **Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade**, [s. l.], 9 jul. 2020.

BRITO, Sabrina. **Estudo aponta que produção mundial de plástico aumentará 50% até 2025**: Relatório revela ainda que embalagens de uso único compõem uma gorda fatia dos descartes do material. [S. l.]: Abril Mídia S A., 3 dez. 2020. Revista Veja, Abril Mídia S A. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/estudo-aponta-que-producao-mundial-de-plastico-aumentara-50-ate-2025/>. Acesso em: 17 ago. 2021.

BRITO, N. N. et al. **Utilização de fungos na remediação de efluentes industriais**. In: FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁBEIS, 4., 2004, Rio Claro. Anais... Rio Claro: Faculdades Integradas Claretianas, 2004. BUNCE, N. J. Environmental chemistry. Canadá: Wuerz, 1994.

CAMARGO, A. L. de B. **Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios**. 3 ed. Campinas, SP: Papyrus, 2007.

COELHO, Gilda Massari. **PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: Metodologias e experiências nacionais e internacionais**. Rio de Janeiro: Turbulência Consultoria Técnica Ltda. Estratégias de Comunicação, 2003. 109 p. v. Único. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356002142_PROSPECCAO_TECNOLOGICA_METODOLOGIAS_E_EXPERIENCIAS_NACIONAIS_E_INTERNACIONAIS. Acesso em: 14 jul. 2022.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: Princípios e práticas**. 8 ed. São Paulo: Gaia, 2003.

ESPACENET - European Patent Office – Espacenet Patent Search. Disponível em: 586 https://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP. Acesso em 05 de Maio de 2021.

FERRO, E. S. **Biotecnologia translacional: hemopressina e outros peptídeos intracelulares**. Estudos Avançados, v. 24, n. 70, p. 109-121, 2010. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014201000030000>

FUNDAÇÃO HEINRICH BÖLL STIFTUNG (Berlim, Alemanha). **Atlas do plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos**. 1. ed. Rio de Janeiro - Brasil: Fundação Heinrich Böll Stiftung, 2020. 1 Atlas. O Atlas do Plástico foi publicado originalmente em Berlim pela sede da Fundação Heinrich Böll e pelo movimento Break Free From Plastic no ano de 2019. Disponível em: <https://br.boell.org/sites/default/files/2020-11/Atlas%20do%20PI%3%A1stico%20-%20vers%3%A3o%20digital%20-%2030%20de%20novembro%20de%202020.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2021.

GODET, Michel; DURANCE, Philippe; GERBER, Adam. **Strategic Foresight - La Prospective: Use and Misuse of Scenario Building**. Paris, França: Laboratoire d'Innovation de Prospective Stratégique et d'Organisation, 2008. 143 p. Disponível em: <http://www.lapropective.fr/dyn/francais/actualites/SR10vEng.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.

Hayeemasae, N., & Ismail, H. (2021). **Potential of Calcium Carbonate as Secondary Filler in Eggshell Powder Filled Recycled Polystyrene Composites**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 31(1), e2021006. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.09720>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo 2000. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: disposição de resíduos sólidos urbanos**. Disponível em: Acesso em: 2 de outubro de 2021.

Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, **Classificação Internacional de Patentes 605 (IPC)**, 2019. Disponível em: 606. Acessado 607 em: Junho de 2021.

MARQUES, Joana Brás Varanda; FREITAS, Denise de. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação¹. **Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação¹**, São Carlos, SP, Brasil., v. 29, n. 2, ed. 87, p. 389-415, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pp/a/MGG8gKTQGhrH7czngNFQ5ZL/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 14 jul. 2022.

MARTINO, J.P. **Technological forecasting for decision making**. New York: North-Holland, 1983.

PROTOCOLO de Kyoto: **O Protocolo de Kyoto representa um acordo internacional, elaborado em 1997, em meio a discussões a respeito dos problemas ambientais associados às atividades humanas**. [S. l.], 27 fev. 2019. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/protocolo-kyoto.htm>. Acesso em: 10 out. 2021.

PUCRS (Rio Grande do Sul). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). **Você sabe o que é o DELFOS?** *In*: PUCRS (Rio Grande do Sul). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). **Você sabe o que é o DELFOS?** Rio Grande do Sul: Escola de Letras - PUCRS, 26 dez. 2011. Disponível em: <https://biblioteca.pucrs.br/curiosidades-literarias/voce-sabe-o-que-e-o-delfos/>. Acesso em: 27 jun. 2022.

REIS, Dálcio Roberto dos; VINCENZI, Ticiane Braga de; PUPO, Fabricio Palermo. Técnicas de Prospecção: Um Estudo Comparativo. **Técnicas de Prospecção: Um Estudo Comparativo**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 135-153, 15 mar. 2016.

SILVA P., Suellen; Curi C., Rosires. Meio Ambiente, Impacto Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: Conceituações Teóricas sobre o Despertar da Consciência Ambiental. **REUNIR – Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 35-57, 28 dez. 2012.

TANG, Zhi-Long; KUO, Ting-An; LIU, Hsiao-Han. The Study of the Microbes Degraded Polystyrene. **Advances in Technology Innovation**, Taiwan, v. vol. 2, n. no. 1, p. pp. 13 - 17, 2016.

TEIXEIRA, Luciene Pires. **Prospecção Tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados**. 1ª. ed. Planaltina - DF: EMBRAPA, 2013. 34 p. v. Único.

TEOTÔNIO, MARCELO HENRIQUE RAMOS. **PRESENÇA DE MICROPLÁSTICOS EM ÁGUA DE TORNEIRA NO PLANO PILOTO UMA REGIÃO ADMINISTRATIVA DE BRASÍLIA**. 2020. 61 p. Dissertação (Pós-graduação em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília – UnB, Brasília - DF, 2020.