

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA

JESSÉ RIVAS ZULIAN

BIOPLÁSTICOS: UMA ABORDAGEM CIENCIOMÉTRICA UTILIZANDO
METHODI ORDINATIO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2023

JESSÉ RIVAS ZULIAN

**BIOPLÁSTICOS: UMA ABORDAGEM CIENCIOMÉTRICA UTILIZANDO
METHODI ORDINATIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, da Coordenação de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Francisco
Menino Destéfanis Vítola

DOIS VIZINHOS

2023

Dedico este trabalho à Deus, minha família e
amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer aos meus pais e à minha família. Sem o suporte e ajuda deles, eu jamais teria tido a oportunidade que tive. Desde que eu era pequeno, eles sempre estavam lá para me incentivar a estudar. Sem o apoio que recebi, dificilmente chegaria onde cheguei. Não tenho como agradecer aos meus pais pelos sacrifícios que eles fizeram. Minha mãe, por mais difícil que fosse ficar longe de mim, em nenhum momento me desencorajou. Pelo contrário, ela estava lá para me apoiar a seguir e conquistar os meus sonhos. Em vários momentos em que eu pensava em desistir, vocês tinham palavras de conforto e inspiração para me motivar a continuar. Deixo também um agradecimento especial para meu irmão e minha cunhada. Obrigado por me acompanharem quase que diariamente nesta última etapa da minha jornada da graduação. A companhia, paciência e ajuda de vocês foram uma das peças mais importantes. Às minhas amigas e colegas de profissão, Caroline e Milena: vocês foram fundamentais no meu caminho na vida acadêmica, me ajudando a estudar e sendo sempre meu ombro amigo e minhas irmãs que a UTFPR colocou na minha vida. Não consigo nem contar quantas vezes as procurei quando estava triste e desesperado, sem saber o que fazer, e vocês estavam lá para me animar e alegrar. Quando eu estava desorientado e abalado na fé, vocês também estavam lá para me ouvir desabafar. A Caroline sempre pronta para puxar minhas orelhas e me lembrar que por mais difíceis que as coisas possam parecer, sempre devemos nos lembrar que existe um Deus maravilhoso que olha por nós e que nunca devemos deixar nossa fé fraquejar.

Agradeço a todo o corpo docente de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia e em especial à Prof.^a. Dra. Renata Padilha, que me deu a oportunidade incrível de poder trabalhar por 2 anos com iniciação científica. Foi muito bom trabalhar com a senhora. Também à Prof.^a Flávia De Barros: no momento de minha maior fragilidade durante a graduação, a senhora foi como um farol que iluminou a escuridão que estava em mim e me direcionou até o porto seguro. Também deixo aqui meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Francisco, obrigado por todos os conselhos, pelos ensinamentos e por investir confiança e tempo neste trabalho, por ter muita paciência comigo, soube me entender durante as lutas dos últimos meses, a contribuição do senhor fez a diferença para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Agradeço também à psicóloga Dra. Aline da UTFPR – Dois Vizinhos. Se eu disse que a Prof.^a Flávia foi o farol, a senhora foi meu porto seguro. A senhora me ajudou a encontrar um caminho para fora das águas tempestuosas que envolviam minha vida naquele momento. Sua ajuda e

conselhos foram fundamentais para que eu pudesse recuperar a esperança. No momento que eu mais precisava, soube me ouvir com atenção e paciência, me acolheu e me compreendeu, a senhora merece todo o meu reconhecimento e minha gratidão. Você é uma pessoa iluminada que faz a diferença na vida de muitas pessoas, que Deus recompense a senhora com muitas bênçãos em sua vida pelo trabalho incrível que vem fazendo na UTFPR.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Fluxograma de insumos obtidos a partir de petróleo (a) e gás natural (b)	14
Figura 2 Grande Depósito de Lixo do Pacífico	18
Figura 3 Interferências de microplásticos no bombeamento de carbono	19
Figura 4 Efeitos físicos e químicos combinados dos microplásticos nos seres vivos	20
Figura 5 Efeitos do plástico no organismo	21
Figura 6 Classificação dos bioplásticos.....	23
Figura 7 Produção mundial de materiais plásticos	24
Figura 8 Estrutura de um fungo	25
Figura 9 Fatores interferentes	26
Figura 10 Torre Hy-Fi no Museu de Arte Moderna em Nova York no ano de 2015.....	28
Figura 11 Subdivisões da Ciência da informação.....	29
Figura 12 Fluxograma da metodologia.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Tipos de plásticos e suas aplicações.....	15
Tabela 2 Espécies de Fungos e pesquisas científicas sobre BBM.....	27
Tabela 3 Diferenciação das três áreas.....	30

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
BBM	Biocompósito à Base de Micélio
BPA	Bisfenol A
EPS	Poliestireno Expandido, do inglês Expanded Polystyrene
GEE	Gases do Efeito Estufa
ISI	Instituto de Informação Científica, do inglês Institut for Scientific Information
PA	Poliamida
PADs	Plásticos Ambientalmente Degradáveis
PBAT	Polibutileno Adipato Tereftalato
PBS	Polibutileno Succinato
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PET	Polietileno Tereftalato
PHA	Poli-hidroxialcanoatos
PLA	Poliácido Láctico
PMMA	Polimetilmetacrilato
PP	Polipropileno
PTFE	Politetrafluoretileno - Teflon
PTT	Politereftalato de Trimetileno, do inglês Polytrimethylene Terephthalate
PU	Poliuretano
PUR	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
TPC-ET	Elastômero Copoliéster Termoplástico, do inglês Thermoplastic Polyester Elastomer

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1.	Plásticos	14
2.1.1.	Impactos ambientais	16
2.1.1.1.	Poluição do solo	16
2.1.1.2.	Poluição de águas	17
2.1.1.3.	Microplásticos	18
2.1.1.4.	Problemas de saúde causados por microplásticos	20
2.2.	Plásticos ambientalmente degradáveis (PADs)	21
2.3.	Bioplásticos	22
2.4.	Biocompósitos à base de micélio	25
2.5.	Ciência da informação	29
2.5.1.	Informetria	30
2.5.2.	Bibliometria	31
2.5.3.	Cienciometria	31
2.6.	Metodologia Methodi Ordinatio	33
3.	OBJETIVOS	34
3.1.	Objetivo Geral	34
3.2.	Objetivos Específicos	34
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1.	Elaboração do índice InOrdinatio	35
5.	RESULTADOS ESPERADOS	37
	REFERÊNCIAS	38

RESUMO

O plástico, amplamente utilizado como embalagem devido à sua praticidade e durabilidade, é um material polimérico obtido a partir de reações de polimerização, utilizando principalmente petróleo e gás natural como matérias-primas. Sua origem remonta a 1862, quando foi introduzido o parkesine, um material orgânico baseado em celulose, que possuía propriedades de maleabilidade e manutenção de forma após resfriamento. No entanto, o descarte inadequado do plástico, devido à sua baixa degradabilidade, levou a um acúmulo significativo de resíduos, principalmente a partir dos anos 50 com a popularização das garrafas plásticas. A destinação das embalagens plásticas varia entre aterros, incineração e lançamento no sistema de esgoto, resultando em uma grande quantidade de resíduos plásticos chegando ao mar. Diante desses problemas ambientais, surgem alternativas viáveis para substituir os plásticos sintéticos, como os bioplásticos biodegradáveis produzidos a partir de microalgas, fermentação bacteriana, biomassa e resíduos industriais. Esses materiais são considerados sustentáveis e renováveis, oferecendo uma solução para os desafios ambientais relacionados ao uso excessivo de plásticos convencionais. Outra opção promissora são os materiais à base de micélios de fungos. Essa tecnologia permite a produção de materiais sólidos com propriedades físicas semelhantes ao poliestireno, tornando-os adequados para uso como isolantes térmicos em embalagens de bebidas, móveis e vasos de flores. Esses materiais à base de micélio possuem características favoráveis, como biodegradabilidade e sustentabilidade. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma análise cienciométrica sobre pesquisas e desenvolvimento de materiais biodegradáveis que possam substituir os plásticos sintéticos derivados de fontes não renováveis. Utilizando a metodologia *Methodi Ordinatio* e a base de dados Web of Science, serão analisados artigos científicos que receberam maior atenção da comunidade científica. As palavras-chave utilizadas para busca incluem bioplásticos, biodegradável, plásticos biodegradáveis, polímeros biodegradáveis, embalagem biodegradável, compósito, compósito à base de micélio e biocompósito à base de micélio, abrangendo o período de 2000 a 2023. Espera-se que esse estudo identifique os materiais mais estudados no contexto da preservação ambiental e analise as tendências emergentes que podem ter um impacto positivo nessa área. Com base nessas descobertas, espera-se obter insights sobre recursos mais promissores e sustentáveis, que possam contribuir para a preservação ambiental a longo prazo. Essa pesquisa pode orientar futuras ações e incentivar o desenvolvimento de soluções inovadoras para um futuro mais sustentável.

Palavras-chave: análise cienciométrica, *methodi ordinatio*, índice *inordinatio*, bioplásticos, compósitos à base de micélio.

ABSTRACT

Plastic, widely used as packaging due to its convenience and durability, is a polymeric material obtained from polymerization reactions, using mainly petroleum and natural gas as raw materials. Its origin dates to 1862, when parkesine was introduced, an organic material based on cellulose, which had properties of malleability and shape maintenance after cooling. However, the inadequate disposal of plastic, due to its low degradability, led to a significant accumulation of waste, mainly from the 1950s onwards with the popularization of plastic bottles. The destination of plastic packaging varies between landfills, incineration and disposal in the sewage system, resulting in a large amount of plastic waste reaching the sea. Faced with these environmental problems, viable alternatives have emerged to replace synthetic plastics, such as biodegradable bioplastics produced from microalgae, bacterial fermentation, biomass and industrial waste. These materials are sustainable and renewable, offering a solution to the environmental challenges related to the overuse of conventional plastics. Another promising option are fungal mycelium-based materials, this technology allows the production of solid materials with physical properties like polystyrene, making them suitable for use as thermal insulators in beverage packaging, furniture and flowerpots. These mycelium-based materials have favorable characteristics such as biodegradability and sustainability. In this context, the present study aims to carry out a scientometric analysis on research and development of biodegradable materials that can replace synthetic plastics derived from non-renewable sources. Using the Methodi Ordinatio methodology and the Web of Science database, scientific articles that have received the most attention from the scientific community will be analyzed. Keywords used for the search include bioplastics, biodegradable, biodegradable plastics, biodegradable polymers, biodegradable packaging, composite, mycelium-based composite and mycelium-based biocomposite, covering the period from 2000 to 2023. This study is expected to identify the most studied materials in the context of environmental preservation and analyze emerging trends that can have a positive impact in this area. Based on these findings, it is expected to gain insights into more promising and sustainable resources that can contribute to long-term environmental preservation. This research can guide future actions and encourage the development of innovative solutions for a more sustainable future.

Keywords: scientometric analysis, methodi ordinatio, inordinatio index, bioplastics, mycelium-based composites.

1. INTRODUÇÃO

O plástico é um material polimérico obtido a partir de reações de polimerização e as principais matérias primas usadas são o petróleo e o gás natural. Devido à sua praticidade e durabilidade, os plásticos têm se tornado extremamente comuns, sendo utilizados principalmente como embalagens (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

A palavra “plástico” é de origem grega *plastikós* e significa aquilo que pode ser modelado com os dedos ou com instrumentos, tipo de resina sintética maleável. Não se sabe ao certo quando o plástico foi inventado, mas ao que tudo indica, a primeira aparição do plástico se deu em 1862, sendo chamado de parkesine em homenagem ao seu inventor, Alexander Parkes. Era um material orgânico e em sua base era usada a celulose. O material era modelado quando aquecido e mantinha sua forma quando submetido à refrigeração, propriedades estas que remetem à origem da palavra (MICHAELIS, 2009).

Um dos maiores problemas do uso exagerado de plástico é o seu descarte irregular, pois por ser um material de difícil degradação, acaba gerando um grande acúmulo de resíduos. Esse problema ambiental começou em meados dos anos 50, com a popularização das garrafas plásticas. Segundo Welden (2020), em 2017 foram fabricados cerca de 350 milhões de toneladas de plástico, não contando com materiais usados na indústria têxtil.

Ainda segundo Welden (2020), grande parte das embalagens é destinada a aterros, parte é incinerada e boa parte é carregada pela chuva, entrando no sistema de esgoto e seu destino final acaba sendo o mar, como apontam os dados do artigo levantados pelo Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, em 2005 - na temporada de chuva, cerca de 60% do lixo coletado na praia de Recife eram resíduos plásticos (SILVA-CAVALCANTI; BARBOSA DE ARAÚJO; FERREIRA DA COSTA, 2009).

Tendo em vista os problemas ambientais causados pelo uso, alguns materiais têm se mostrado viáveis para substituir os plásticos. Algumas das possíveis alternativas são os bioplásticos biodegradáveis produzidos a partir de microalgas, por meio de fermentação bacteriana, biomassa e resíduos industriais. Estes materiais têm a vantagem de serem biodegradáveis, sustentáveis e renováveis (DA SILVA, 2013).

Outra possível alternativa são os materiais à base de micélios de fungos. Segundo Karana et al. (2018) e Holt et al. (2012), com esta tecnologia é possível obter materiais com propriedades físicas semelhantes a poliestireno e também a obtenção de materiais sólidos, podendo ser usados como isolantes térmicos para embalagens de bebidas, móveis e vasos de flores.

O presente estudo visa realizar uma análise cienciométrica referente à pesquisa e desenvolvimento de materiais biodegradáveis que têm ou apresentam potencial para substituir os plásticos sintéticos derivados de matérias primas não renováveis. Com esse intuito, será utilizada a metodologia conhecida como *Methodi Ordinatio* com artigos na base de dados Web of Science, a fim de realizar uma análise minuciosa acerca dos artigos que têm recebido maior atenção por parte da comunidade científica.

Para a busca dos artigos serão utilizadas as seguintes palavras-chave: bioplásticos, biodegradável, plásticos biodegradáveis, polímeros biodegradáveis, embalagem biodegradável, compósito, compósito à base de micélio e biocompósito à base de micélio e o período a ser levado em consideração abrange desde o ano 2000 até 2023.

Os resultados esperados deste estudo incluem a identificação dos materiais mais pesquisados no contexto da preservação do meio ambiente, bem como uma análise das novas tendências emergentes que têm o potencial de impactar positivamente nessa área. Através dessa pesquisa, espera-se obter insights sobre os recursos mais promissores e sustentáveis, que podem contribuir para a preservação ambiental a longo prazo. Essas descobertas têm o potencial de orientar ações futuras e fomentar o desenvolvimento de soluções inovadoras para um futuro mais sustentável.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

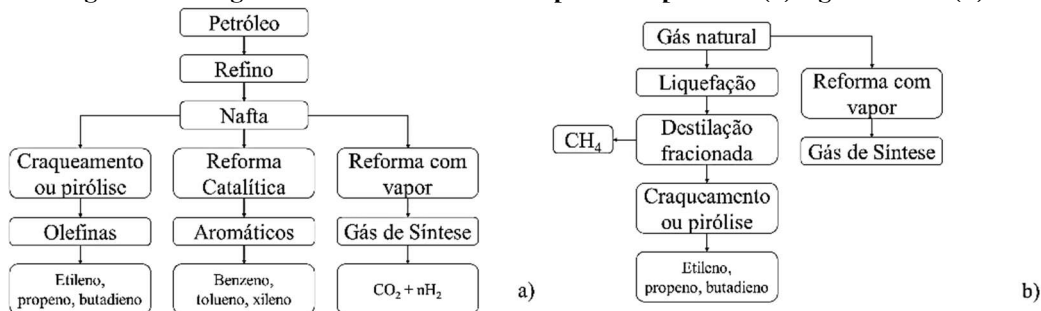
2.1. Plásticos

Antes da invenção do plástico, a produção da maior parte dos materiais era realizada em menor escala, de maneira artesanal e com custo mais elevado. O vidro, a argila e o barro eram comumente utilizados como matérias-primas na fabricação de uma variedade de objetos.

Em 1869 uma empresa ofereceu um prêmio de US\$ 10.000,00 para quem descobrisse um material substituto para o marfim. Foi nessa época que John Wesley Hyatt aprimorou a parkesina, criando o celuloide, que se tornou o primeiro polímero sintético. Este, por sua vez, era composto por nitrato de celulose, fibras de algodão e ácidos. No início do século XX, o primeiro plástico totalmente sintético e produzido em escala industrial surgiu graças a Leo Hendrik Baekeland, ele desenvolveu a baquelite, uma resina sintética formada por fenol e formaldeído. Com a descoberta da baquelite, a indústria petroquímica pôde criar uma ampla variedade de plásticos para diversas finalidades. Entre 1930 e 1950, surgiram vários tipos de plásticos como: neoprene, silicone, EPS, PVC, PU, PA, PET, PTFE, PP e PE (PLÁSTICO MODERNO, 2022).

Os plásticos são materiais sintéticos ou semissintéticos, compostos principalmente por polímeros, que são longas cadeias de moléculas. A maioria dos plásticos é obtida a partir do petróleo, uma fonte de matéria-prima não renovável. Para transformar o petróleo em plástico, é necessário passar por um processo de refino que envolve várias etapas, como pode ser visualizado na Figura 1. Primeiro, o petróleo bruto é extraído do solo ou do fundo do mar e transportado para as refinarias. Lá, ele é submetido à destilação fracionada, que separa os seus componentes em frações com diferentes temperaturas de ebulição. Uma dessas frações é a nafta, que é a principal matéria-prima para a produção de plásticos (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

Figura 1 Fluxograma de insumos obtidos a partir de petróleo (a) e gás natural (b)



Fonte: Adaptação de Antunes (2007).

A nafta é encaminhada para as petroquímicas, onde passa pelo processo de craqueamento. Esse processo tem como objetivo fragmentar as moléculas maiores de hidrocarbonetos em moléculas menores e mais reativas. Essas moléculas menores são chamadas de monômeros, que são os blocos de construção dos plásticos. Os principais monômeros obtidos a partir da nafta são o etileno, o propileno e o butadieno. A última etapa para fazer o plástico é a polimerização, que é a união dos monômeros em cadeias longas e ramificadas, chamadas de polímeros (MICHAELI et al., 1995; ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

A plasticidade dos plásticos permite que eles sejam moldados, extrudados ou prensados em objetos sólidos de várias formas. Essa adaptabilidade, além de uma ampla gama de outras propriedades, como ser leve, durável, flexível e de baixo custo, levou ao seu uso generalizado a partir dos anos 50, quando as garrafas plásticas se popularizaram (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

Existem diversos tipos de plásticos, que podem ser classificados de acordo com a sua estrutura química ou o seu comportamento térmico. Os principais tipos de plásticos são: termoplásticos, termofixos e elastômeros. Os termoplásticos podem ser reaquecidos e remodelados várias vezes. Os termofixos endurecem após o aquecimento e não podem ser reprocessados. Os elastômeros apresentam elasticidade e resistência à deformação (MICHAELI et al., 1995).

Tabela 1 Principais tipos de plásticos e suas aplicações

Tipo	Principais Aplicações
Polietileno Tereftalato (PET)	Fibras de Poliéster, filmes, embalagens de alimentos e garrafas de bebidas.
Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	Garrafas de plástico, recipientes para produtos de limpeza, canos para gás e água potável, utensílios domésticos.
Polietileno de Baixa Densidade (PEBD)	Sacos de plástico, filme plástico, sacos de lixo, tubos, revestimentos de caixa de leite
Policloreto de Vinila (PVC)	Botas, canos, revestimentos de piso, cabos elétricos, imitação de couro
Polipropileno (PP)	Embalagem de alimentos, acabamento interno de carros, para-choque, cadeirinha de criança
Poliestireno (PS)	Embalagem de alimentos e equipamentos eletrônicos e isolamento acústico e térmico
Plásticos diversos (PC, PA, PMMA, PUR, ABS, entre outros)	Malas, roupas, cordas, cerdas para escova de dente, caixa de aparelhos elétrico e brinquedos

Fonte: Adaptado do Atlas do plástico (2020).

Os plásticos têm diversas aplicações na indústria e no cotidiano das pessoas. Eles podem ser usados para fabricar embalagens, utensílios domésticos, brinquedos, móveis, peças automotivas, implantes médicos e muitos outros produtos. No entanto, os plásticos também trazem problemas ambientais, pois muitos deles não são recicláveis e demoram muito tempo

para se decompor na natureza. Além disso, os plásticos podem liberar substâncias tóxicas quando expostos ao calor excessivo ou à radiação solar.

2.1.1. Impactos ambientais

Um dos principais impactos ambientais dos plásticos obtidos a partir de petróleo é a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Esses gases contribuem para o aquecimento global e mudanças climáticas que afetam a biodiversidade, a saúde humana e a segurança alimentar. Segundo um estudo publicado na revista *Nature Climate Change*, a produção global de plásticos emitiu cerca de 1,8 bilhão de toneladas de CO₂ equivalente em 2015, o que representa cerca de 3,8% das emissões totais de GEE naquele ano (ZHENG; SUH, 2019).

Outro impacto ambiental é a poluição dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Estima-se que pelo menos 8 milhões de toneladas de lixo plástico vão parar nos mares anualmente, onde sufocam os recifes de corais e ameaçam a fauna marinha vulnerável. Até 2050, 99% das aves marinhas terão ingerido plástico. Além disso, os plásticos se degradam lentamente e liberam microplásticos e substâncias tóxicas que podem contaminar a água, o solo e os organismos vivos (WILCOX et al., 2015).

Finalmente, o uso excessivo de recursos naturais não renováveis, como o petróleo, acarreta problemas significativos. O petróleo - uma fonte de energia fóssil, que é limitado em sua disponibilidade, extração e refinamento - tem impactos ambientais negativos, incluindo vazamentos, queimadas e desmatamento. Além disso, a reciclagem dos plásticos ainda é insuficiente, dependendo da existência de infraestrutura adequada e da conscientização tanto dos consumidores quanto dos produtores.

2.1.1.1. Poluição do solo

Um dos principais problemas causados pelos plásticos é a poluição do solo, que ocorre quando esses materiais são descartados de forma inadequada, sem passar por processos de reciclagem ou tratamento. Os plásticos de petróleo demoram centenas de anos para se decompor na natureza e, nesse período, liberam substâncias químicas tóxicas que contaminam o solo e a água. Essas substâncias incluem hidrocarbonetos de petróleo, metais pesados e pesticidas, que podem causar danos à saúde humana e animal, além de reduzir a fertilidade e a biodiversidade do solo (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

Outro problema é a formação de microplásticos, que são pequenas partículas de plástico que se originam da degradação dos materiais maiores ou do uso de produtos como cosméticos e roupas sintéticas. Os microplásticos podem penetrar no solo por meio da água da chuva ou da irrigação e afetar a qualidade e o funcionamento do solo, alterando sua estrutura, sua capacidade de retenção de água e nutrientes e sua atividade biológica (CORREIO BRAZILIENSE, 2021). Além disso, os microplásticos podem ser ingeridos por organismos do solo ou transferidos para as plantas, entrando na cadeia alimentar e podendo causar intoxicação ou acúmulo de substâncias nocivas nos tecidos dos seres vivos.

Diante desses impactos ambientais, é necessário repensar o uso dos plásticos de petróleo e buscar alternativas mais sustentáveis, como a redução do consumo, a reutilização dos materiais, a reciclagem dos resíduos e o desenvolvimento de plásticos biodegradáveis. Essas medidas podem contribuir para a preservação do solo e de outros recursos naturais essenciais para a vida no planeta.

2.1.1.2. Poluição de águas

Um dos principais problemas causados pelos plásticos decorre da poluição visual resultante do acúmulo de resíduos nas praias, rios e mares. Esses resíduos afetam negativamente a beleza natural do ambiente, prejudicando o turismo e a pesca. Além disso, representam um risco para organismos da fauna marinha, que podem confundi-los com alimento ou ficarem presos a eles, comprometendo sua sobrevivência. Segundo um estudo de 2015, cerca de 8,8 milhões de toneladas de plástico são despejadas nos oceanos anualmente, contribuindo com o crescimento da ilha de plástico que fica no oceano Pacífico e pode ser observada na Figura 2. Mais de 800 espécies de animais são afetadas por esse lixo (JAMBECK et al., 2015).

Figura 2 Grande Depósito de Lixo do Pacífico



Fonte: Atlas do plástico (2020).

A liberação de substâncias tóxicas é outro impacto significativo causado pelos plásticos, resultando na contaminação da água e dos organismos aquáticos. Os plásticos são compostos por polímeros obtidos do petróleo e contêm aditivos químicos, como corantes, plastificantes e retardantes de chama. Essas substâncias se desprendem dos plásticos e se acumulam na cadeia alimentar marinha, gerando efeitos prejudiciais à saúde dos animais e dos seres humanos que consomem frutos do mar. Alguns exemplos de substâncias tóxicas presentes nos plásticos são o bisfenol A (BPA), os ftalatos e os polibromodifenil-éteres (PBDEs) (ROCHA-SANTOS; DUARTE, 2015).

Por fim, a alteração das propriedades físicas e químicas da água é outro problema causado pelos plásticos. Eles podem modificar a temperatura, a salinidade, a densidade, a turbidez e o pH de corpos hídricos, afetando o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos. Por exemplo, os plásticos podem aumentar a temperatura da água ao absorverem radiação solar, favorecendo o crescimento de algas nocivas e reduzindo o oxigênio dissolvido. Os plásticos também podem diminuir a salinidade da água ao impedir a evaporação, alterando a circulação oceânica e o clima (ZHANG et al., 2021)

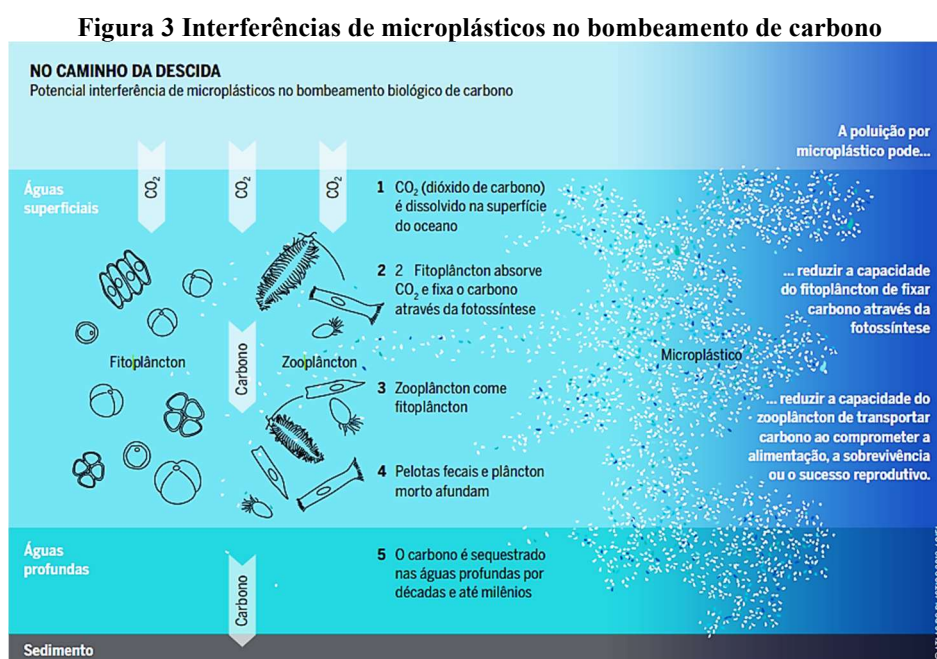
2.1.1.3. Microplásticos

Os microplásticos são pequenas partículas que se originam da degradação de resíduos plásticos no meio ambiente. Eles podem ter tamanhos variados, desde microscópicos até 5 milímetros de comprimento. Essas partículas podem ser ingeridas por animais marinhos e entrar

na cadeia alimentar humana, ou podem ser inaladas ou ingeridas diretamente pelo ar ou por produtos embalados em plástico (COX et al., 2019).

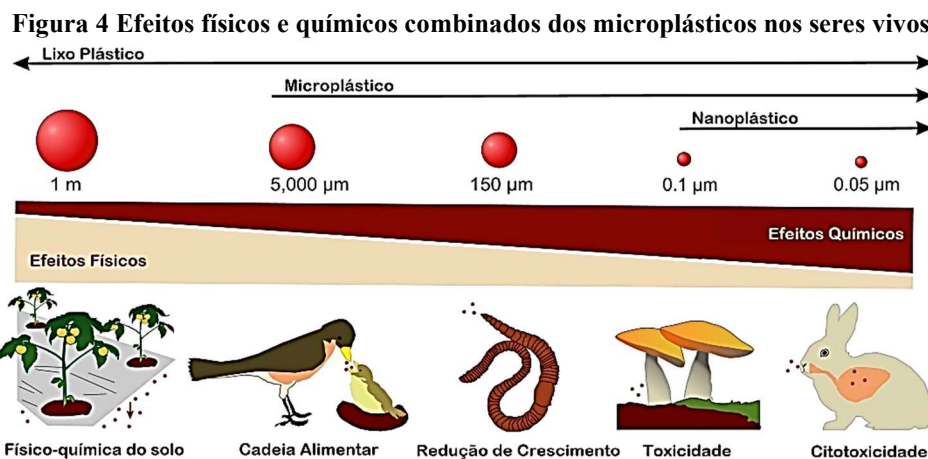
Essas partículas são consideradas poluentes emergentes e estão presentes em diferentes compartimentos ambientais, como oceanos, rios, lagos, solos e ar. Um dos impactos mais evidentes dos microplásticos é a sua ingestão por animais aquáticos, como peixes, crustáceos, moluscos e mamíferos marinhos. Essa ingestão pode causar asfixia, lesões em órgãos internos, bloqueio do trato gastrointestinal, redução do crescimento e da absorção de nutrientes, alteração do comportamento alimentar e reprodutivo, entre outros efeitos negativos (DE SOUZA MACHADO et al., 2018).

Outro impacto dos microplásticos é a sua interferência na dinâmica dos ecossistemas aquáticos. Os microplásticos podem alterar a composição e a diversidade das comunidades planctônicas, que são responsáveis pela produção primária e pelo fluxo de energia nos ambientes aquáticos. Os microplásticos também podem afetar o ciclo de nutrientes e de carbono nos oceanos, ao modificar a taxa de sedimentação da matéria orgânica e ao influenciar a atividade microbiana como ilustrado na Figura 3 (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).



Além dos impactos no ambiente aquático, os microplásticos também podem causar danos ao ambiente terrestre. Os microplásticos podem ser encontrados no solo, provenientes de fertilizantes orgânicos, lodo de esgoto, resíduos sólidos urbanos e outros produtos plásticos. Essas partículas podem afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas ao reduzir a absorção de água e nutrientes pelas raízes. A Figura 4 mostra como microplásticos também

podem prejudicar a fauna do solo, como minhocas e insetos, ao causar lesões físicas e alterações fisiológicas. Além disso, os microplásticos podem interferir na atividade dos microrganismos do solo, que são essenciais para a decomposição da matéria orgânica e para a ciclagem de nutrientes (DE SOUZA MACHADO et al., 2018).



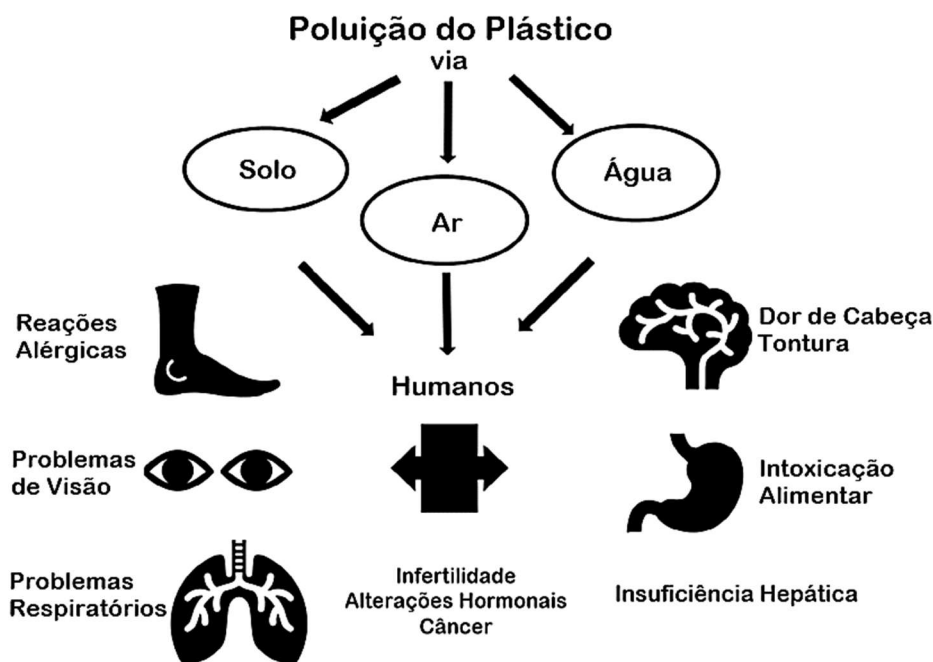
Fonte: Adaptado de De Souza Machado et al. (2018).

2.1.1.4. Problemas de saúde causados por microplásticos

A presença de microplásticos na alimentação representa um risco para a saúde humana, pois essas partículas podem se acumular no trato gastrointestinal e interferir na resposta imunológica do intestino. Além disso, os microplásticos podem carregar produtos químicos tóxicos e patógenos que podem ser absorvidos pelo organismo e causar inflamação, danos aos tecidos e doenças (YAN et al., 2022; BBC NEWS BRASIL, 2018).

Estudos recentes mostraram que os nanoplásticos estão presentes em vários órgãos humanos, como pulmões e intestinos, e no sangue. Essas partículas podem penetrar profundamente no corpo e até nas células, de maneiras que os microplásticos maiores não conseguem. Ainda não se sabe ao certo quais são os efeitos desses nanoplásticos na saúde humana, alguns desses efeitos estão na Figura 5, mas os cientistas alertam que há motivos para se preocupar. (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2022)

Figura 5 Efeitos do plástico no organismo



Fonte: Adaptado de Issac; Kandasubramanian (2021)

Estima-se que cada pessoa ingira entre 74 mil e 121 mil partículas de microplásticos por ano, dependendo da idade, do sexo e da fonte de água consumida. Quem bebe água engarrafada pode ingerir até 90 mil microplásticos a mais do que quem bebe água da torneira. Esses números podem ser ainda maiores se considerarmos outras fontes de exposição aos microplásticos, como cosméticos, medicamentos e roupas sintéticas (BBC NEWS BRASIL, 2019; COX et al., 2019).

2.2. Plásticos ambientalmente degradáveis (PADs)

Os plásticos ambientalmente degradáveis (PADs) são materiais poliméricos que sofrem alterações químicas sob a influência de fatores ambientais, como luz, calor, umidade e microrganismos. Essas alterações podem levar à redução do tamanho e da massa dos plásticos, facilitando sua integração ao ciclo natural do carbono. Os PADs podem ser de origem natural ou sintética, e podem ser classificados em biodegradáveis ou oxibiodegradáveis, dependendo do mecanismo de degradação (INNOCENTINI-MEI; MARIANI, 2005).

Os plásticos biodegradáveis são aqueles que podem ser decompostos por microrganismos em condições adequadas, gerando como produtos água, dióxido de carbono e biomassa. Eles são feitos a partir de fontes renováveis como amido, celulose, quitina e outros polissacarídeos. Alguns exemplos de plásticos biodegradáveis são o ácido polilático (PLA), o polihidroxialcanoatos (PHA) e o polibutileno succinato (PBS). Esses plásticos podem ser

usados em aplicações como embalagens, sacolas, filmes agrícolas e utensílios descartáveis. Eles têm a vantagem de serem menos persistentes no meio ambiente e de não gerarem microplásticos. No entanto, eles requerem condições específicas de compostagem para se degradarem completamente, o que nem sempre é garantido na disposição final dos resíduos. Além disso, eles têm custos de produção mais elevados e propriedades mecânicas e funcionais inferiores aos plásticos convencionais (INNOCENTINI-MEI; MARIANI, 2005).

Os plásticos oxibiodegradáveis são aqueles que sofrem uma degradação inicial por oxidação, induzida por luz, calor ou catalisadores metálicos, seguida de uma biodegradação por microrganismos. Eles são feitos a partir de plásticos convencionais, como polietileno (PE), polipropileno (PP) e poliestireno (PS), aos quais são adicionados aditivos pró-degradantes. Esses plásticos podem ser usados em aplicações semelhantes aos plásticos biodegradáveis, mas com a vantagem de terem custos de produção mais baixos e propriedades mecânicas e funcionais similares aos plásticos convencionais. No entanto, eles têm a desvantagem de gerarem microplásticos durante a oxidação e de não se degradarem completamente em condições anaeróbias (E SANTOS et al., 2012).

Os PADs têm o potencial de contribuir para a preservação do meio ambiente, pois ajudam a reduzir o volume e o impacto dos resíduos plásticos, que são uma das principais fontes de poluição e consumo de recursos não renováveis. No entanto, é importante reconhecer que os PADs não devem ser considerados como a solução definitiva para o problema dos resíduos plásticos, mas sim como uma alternativa complementar às práticas de redução, reutilização e reciclagem. É fundamental utilizá-los de maneira criteriosa e responsável, seguindo as normas técnicas e ambientais vigentes.

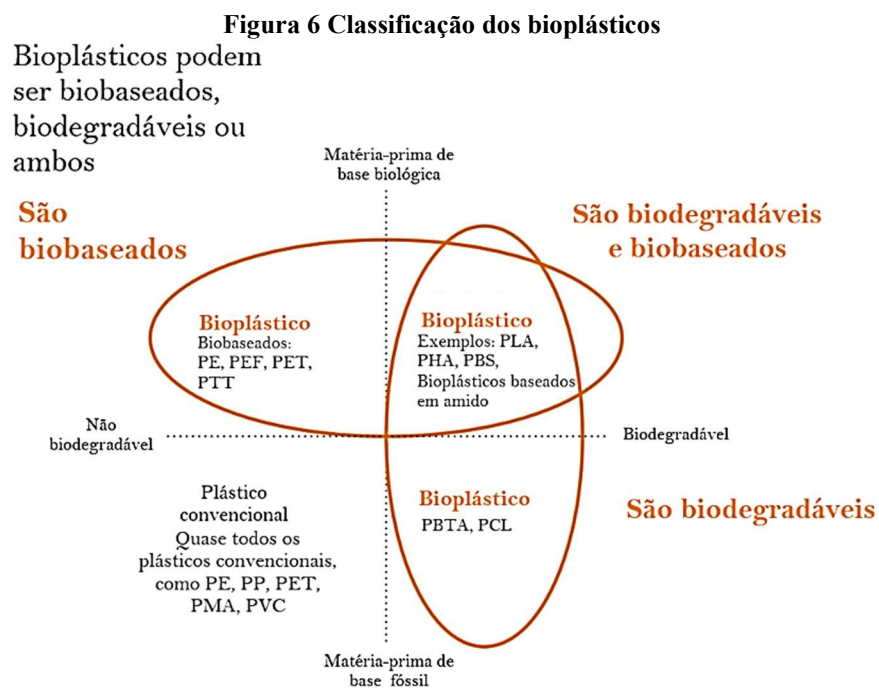
2.3. Bioplásticos

Os bioplásticos podem ser compostos por uma matéria-prima de base biológica, serem biodegradáveis ou ambos. Isso significa que sua composição pode incluir fontes renováveis, como biomassa (amido, milho e celulose), bem como fontes não renováveis (de origem fóssil). Para facilitar a compreensão, a Figura 6 representa os bioplásticos de acordo com sua matéria-prima e biodegradabilidade. Os bioplásticos possuem propriedades semelhantes aos plásticos convencionais e, em muitos casos, oferecem vantagens significativas, como a redução da pegada de carbono e mais opções para o gerenciamento de resíduos, como a compostagem (EUROPEAN BIOPLASTICS, 2021).

Adicionalmente, novos materiais, como PLA, PHA, celulose ou materiais à base de amido, oferecem soluções com funcionalidades completamente inovadoras, como

compostabilidade (material que pode ser degradado por compostagem) e, em alguns casos, propriedades de barreira otimizadas. Com o aumento da variedade de materiais bioplásticos, propriedades como flexibilidade, durabilidade, capacidade de impressão, transparência, barreira, resistência ao calor, brilho e várias outras foram significativamente aprimoradas (PLASTICS EUROPE, 2021).

Atualmente, há uma ampla gama de opções de bioplásticos disponíveis como alternativas aos plásticos convencionais em várias aplicações. Os bioplásticos desempenham um papel fundamental na bioeconomia, sendo uma indústria inovadora e em rápido crescimento. Essa indústria tem o potencial de impulsionar o crescimento econômico sem esgotar os recursos naturais nem causar impactos ambientais significativos. Os bioplásticos abrangem uma ampla variedade de materiais com propriedades distintas e podem ser divididos em três grupos principais, como mostra a Figura 6 (EUROPEAN BIOPLASTICS, 2021).



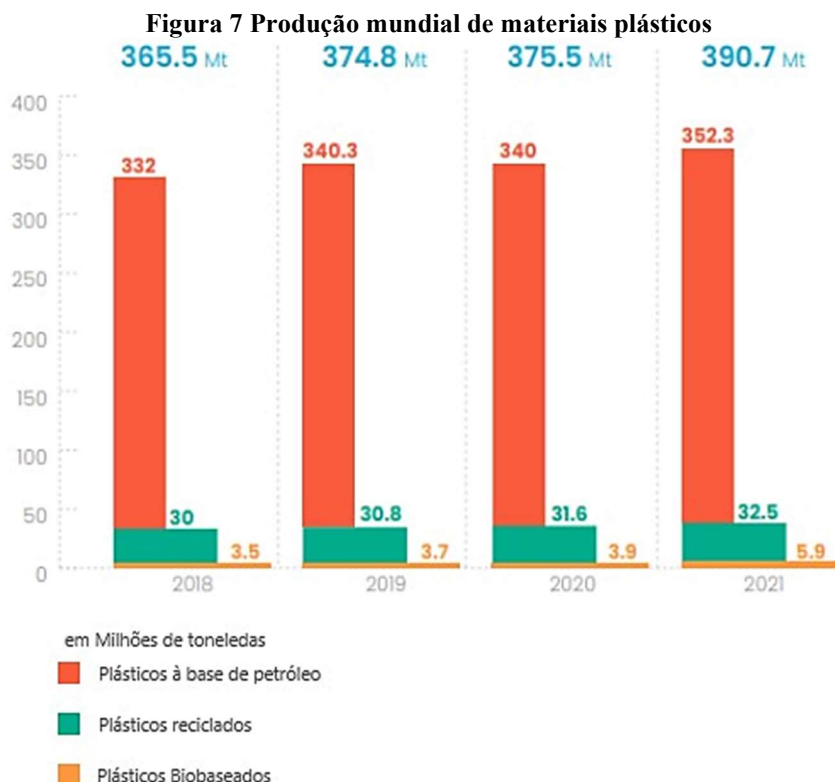
Fonte: Adaptado de European Bioplastics (2021).

Plásticos não biodegradáveis de base biológica ou parcialmente biodegradáveis, como PE, PP ou PET de base biológica (os chamados *drop-ins*) e polímeros de desempenho técnico de base biológica, como PTT ou TPC-ET;

Plásticos de base biológica e biodegradáveis, como PLA e PHA ou PBS;

- Plásticos que são baseados em recursos fósseis e são biodegradáveis, como o PBAT.

Atualmente, os bioplásticos correspondem aproximadamente a 1% das cerca de 390 milhões de toneladas de plástico produzidas anualmente como mostra a Figura 7. No entanto, à medida que a demanda está aumentando e surgem materiais, aplicações e produtos mais sofisticados, o mercado dos bioplásticos está experimentando um crescimento dinâmico e acelerado.



Fonte: Adaptado de Plastics Europe (2021).

Uma justificativa comum para os plásticos biobaseados e biodegradáveis é o fato de que, levando em consideração todo o seu ciclo de vida, eles possuem um menor impacto climático quando comparados aos plásticos convencionais. No entanto, a validade dessa afirmação é posta em dúvida, devido aos impactos significativos da acidificação e da super fertilização do solo e da água, que ocorrem como resultado do cultivo convencional dos vegetais utilizados na produção desses plásticos de base biológica. Além disso, essas avaliações do ciclo de vida não levam em conta as mudanças diretas e indiretas no uso da terra nem os efeitos do uso de culturas geneticamente modificadas. Ainda não houveram estudos adequados sobre as consequências para a biodiversidade em áreas que realizam culturas para a produção de "bioplásticos" (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

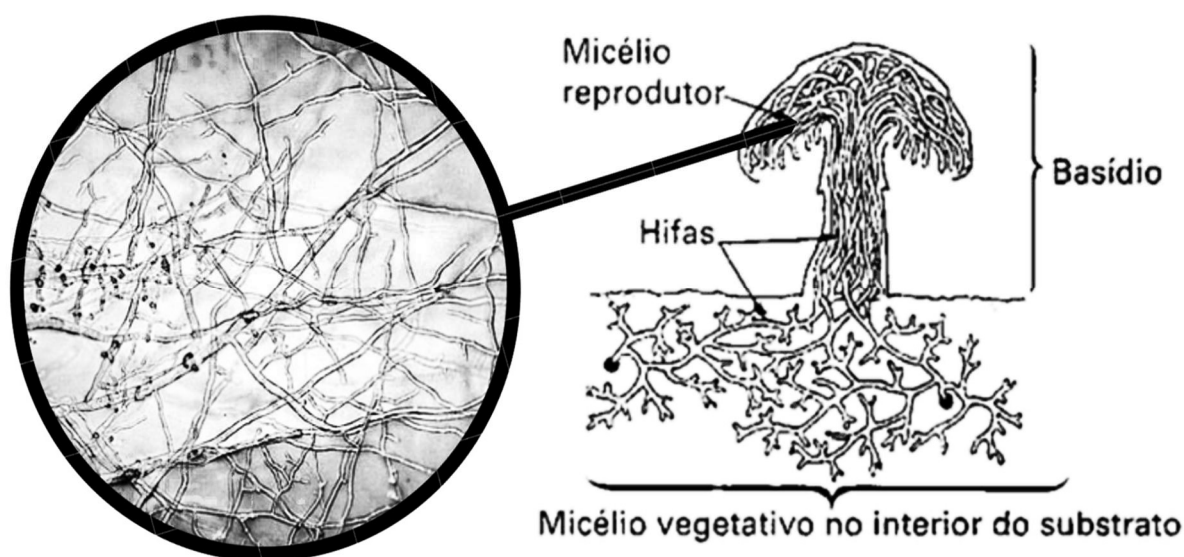
É importante ressaltar que a tentativa de imitar ciclos biológicos não será suficiente para resolver o problema dos resíduos plásticos - os bioplásticos simplesmente desviam o problema e a atenção das soluções reais. O polímero verde é uma fonte renovável obtida a partir

da cana-de-açúcar, ele pode ser misturado ao polietileno convencional contanto que possua pelo menos 51% de polímero verde em sua composição. Quando atende a essa condição, recebe o selo "I'm green" do fabricante (ATLAS DO PLÁSTICO, 2020).

2.4. Biocompósitos à base de micélio

O uso de fungos na geração de produtos não é uma prática recente. Os seres humanos têm utilizado fungos há milênios, desde os tempos dos babilônios (por volta de 6000 a.C.) e dos egípcios (por volta de 5000 a.C.), para a fabricação de uma variedade de produtos que requerem fermentação, como queijos, cervejas, vinhos e pães. Seu uso pode ser feito de duas formas: em meio líquido (fermentação submersa) ou sólido (fermentação no estado sólido). Alguns fungos se apresentam na forma de leveduras (unicelulares), outros crescem na forma de hifas, que são estruturas filamentosas, que se ramificam e se fundem em um processo chamado anastomose, formando assim o micélio - esta formação pode ser visualizada na Figura 8 (KAVANAGH, 2011).

Figura 8 Estrutura de um fungo



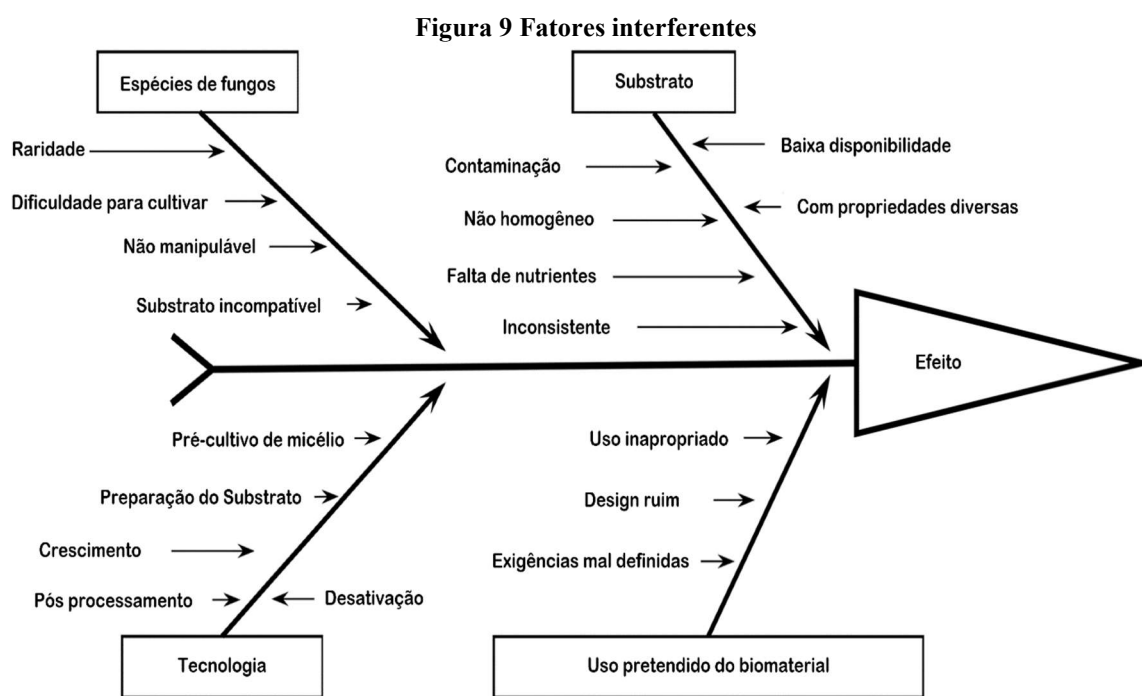
Fonte: Adaptado de Dornelles et al. (2021)

O micélio é responsável por diversas funções, como absorção de nutrientes, reprodução e interação com outros seres vivos. Além disso, o micélio tem um grande potencial para ser usado como matéria-prima para a produção de biomateriais sustentáveis, que podem substituir o plástico e outros materiais sintéticos em diversas aplicações (FORBES, 2022).

Existem diferentes tipos de micélio, e dependendo do tipo de fungo e do substrato utilizado, o material resultante pode ter diferentes propriedades e características, como cor,

textura, densidade e flexibilidade. Alguns materiais à base de micélio podem imitar o couro, a espuma ou a madeira (PROFISSÃO BIOTEC, 2017).

A produção de Biocompósitos à Base de Micélio (BBM) enfrenta dificuldades práticas na seleção adequada de espécies de fungos, substratos e tecnologias de produção. É essencial que o BBM seja tecnologicamente viável, lucrativo, apresente propriedades físicas desejadas em todo o seu volume e seja seguro para uso humano. No entanto, existem desafios relativos à seleção apropriada das espécies de fungos, devido à grande variedade de opções disponíveis, bem como à combinação específica entre fungo e substrato, considerando fatores como crescimento micelial, inativação e requisitos específicos para cada aplicação dos biocompósitos. É importante destacar que alguns fungos podem produzir micotoxinas, atrair insetos ou se tornar espécies invasoras. A Figura 9 ilustra os fatores que podem causar diferenças entre as propriedades do biocompósito e as expectativas iniciais (SYDOR et al., 2022).



Fonte: Adaptado de Sydor et al. (2022).

A falta de artigos de revisão que compilem e comparem os resultados dos estudos sobre espécies de fungos individuais e analisem as combinações mais comuns de fungos e substratos com a produção de biomateriais como objetivo, é evidente. Embora existam milhões de espécies de fungos, apenas algumas dezenas são utilizadas atualmente na produção de biomateriais. Além disso, não há diretrizes gerais na literatura para encontrar novas espécies para a criação

de materiais à base de micélio. Na Tabela 2 consta uma lista com o nome de algumas das espécies já usadas no meio acadêmico para a produção de BBM (SYDOR et al., 2022).

Tabela 2 Espécies de Fungos e pesquisas científicas sobre BBM

Tipos de micélio	Espécies de Fungos e Referências na Literatura
Marrom	<i>Fomitopsis pinicola</i> , <i>Gloeophyllum sepiarium</i> ; <i>Laetiporus sulphureus</i> , <i>Phaeolus schweinitzii</i> (WIMMERS et al., 2019);
Mole	<i>Acremonium sp.</i> , <i>Oudemansiella radicata</i> , <i>Trichoderma asperellum</i> , <i>T. asperellum</i> (GOU et al., 2021);
Branco	<i>Daedaleopsis confragosa</i> ; <i>Ganoderma sp.</i> , <i>G. resinaceum</i> , <i>Trametes versicolor</i> (BAJWA et al., 2017); <i>G. lucidum</i> (HANEEF et al., 2017); <i>Fomitopsis pinicola</i> , <i>Laetiporus sulphureus</i> , <i>Phaeolus schweinitzii</i> , <i>Piptoporus betulinus</i> , <i>P. ostreatus</i> , <i>Polyporus arcularius</i> , <i>T. pubescens</i> , <i>T. suaveolens</i> , <i>Trichaptum abietinu</i> (WIMMERS et al., 2019).

Fonte: Adaptado de Sydor et al. (2022).

Um dos exemplos de biomateriais feitos a partir do micélio é o Mylo, um couro vegetal desenvolvido pela empresa Bolt Threads, que conta com o apoio de marcas como Stella McCartney, Adidas e Gucci. O Mylo é produzido a partir do micélio de cogumelos que crescem em substratos à base de resíduos agrícolas. O material é tratado com corantes naturais e agentes impermeabilizantes, resultando em um tecido macio, resistente e biodegradável, que pode ser usado na confecção de roupas, calçados e acessórios (VOGUE BRASIL, 2022).

Outro exemplo é a Ecovative, uma empresa norte-americana que fabrica diversos produtos a partir do micélio de fungos. Entre eles estão painéis isolantes térmicos e acústicos para construção civil, embalagens para produtos eletrônicos e objetos frágeis, móveis e objetos de decoração. A Figura 10 mostra a Hy-Fi Tower, localizada em Nova York - é um exemplo concreto da versatilidade dos tijolos de micélio, demonstrando que essa tecnologia pode ser adaptada a diversas necessidades (ECOVATIVE DESIGN LLC, 2015).

Figura 10 Torre Hy-Fi no Museu de Arte Moderna em Nova York no ano de 2015



Fonte: Holcim Foundation For Sustainable Construction (2015).

O processo de produção consiste em cultivar o micélio em fôrmas específicas, usando substratos orgânicos como serragem, palha e resíduos agrícolas. Após alguns dias, o micélio cimenta o substrato e forma um bloco sólido, que é submetido a altas temperaturas para interromper o crescimento do fungo. O produto final é uma espuma densa que lembra o isopor, mas que é cem por cento natural e compostável (PROFISSÃO BIOTEC, 2017).

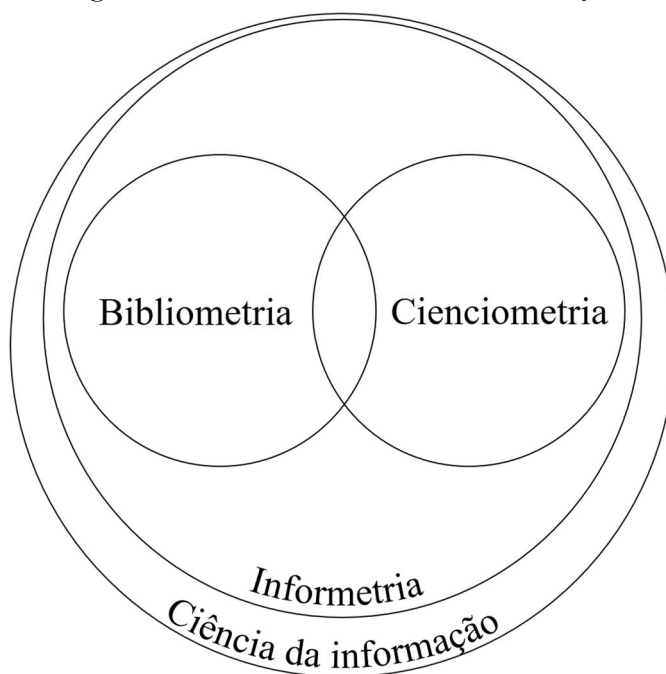
Os materiais à base de micélio oferecem diversas vantagens em relação ao plástico, pois eles podem ser produzidos a partir de fontes renováveis e abundantes, que normalmente são descartadas ou subutilizadas, o que reduz o custo de produção. Outro fator importante é seu baixo impacto ambiental, pois não necessitam de adição de produtos químicos nocivos. São totalmente compostáveis, podendo ser reciclados ou reintegrados ao solo sem causar poluição. Além disso, podem apresentar propriedades funcionais, como resistência ao fogo, à água e ao vapor. Esses materiais representam uma oportunidade para estabelecer uma economia circular, reduzir o impacto ambiental do plástico e promover a segurança alimentar e a saúde do solo, uma vez que os fungos têm a capacidade de decompor lignina e celulose presentes na matéria orgânica, reciclando assim os nutrientes do sistema (ECOVATIVE DESIGN LLC, 2015).

Além disso, esses materiais têm o potencial de ajudar na redução das mudanças climáticas, uma vez que o micélio é capaz de capturar carbono durante o seu crescimento e evitar a emissão de gases de efeito estufa que ocorreriam na produção e descarte de materiais sintéticos. Os fungos podem ser considerados como o biomaterial do futuro, capazes de oferecer soluções inovadoras e sustentáveis para diversos setores da sociedade (MAESTROVIRTUALE).

2.5. Ciência da informação

A ciência da informação é um campo interdisciplinar que se ocupa com a análise, coleta, classificação, manipulação, armazenamento, recuperação e disseminação da informação. Esta ciência estuda a informação desde a sua gênese até o processo de transformação de dados em conhecimento. Ela se relaciona com outras áreas que também estudam a informação sob diferentes perspectivas e métodos, estas áreas se entrelaçam, mas podem ser divididas em três grandes grupos como mostra a Figura 11, sendo eles a informetria, a bibliometria e a cienciometria (MACIAS-CHAPULA, 1998).

Figura 11 Subdivisões da Ciência da informação



Fonte: Adaptado de Pagani; Kovaleski; Resende (2018).

McGrath (1989) estabeleceu as diferenças entre essas três disciplinas (bibliometria, cienciometria e informetria - como exemplifica a Tabela 3) em sua tipologia para definição e classificação dessas áreas. Ele identificou os objetos de estudo, as variáveis, os métodos e os objetivos dessas disciplinas. Em resumo, a informetria é uma área ampla que engloba o estudo quantitativo da informação em qualquer formato e contexto social. A bibliometria e a cienciometria são duas áreas específicas dentro da informetria que se concentram na análise quantitativa de publicações científicas e na produção científica, respectivamente (MCGRATH, 1989 apud MACIAS-CHAPULA, 1998).

Tabela 3 Diferenciação das três áreas

Tipologia	Bibliometria	Cienciometria	Informetria
Objeto de estudo	Documentos, artigos, revistas, livros, autores e usuários.	Campos, áreas, assunto e disciplinas.	Base de dados, documentos, palavras.
Variáveis	Número de empréstimos e de citações.	Fatores de diferenciação de disciplinas. Revistas, documentos, autores. Forma de comunicação entre cientistas.	Difere da cienciometria em por exemplo: medir recuperação, relevância e revocação.
Método	Ranking, frequência de distribuição.	Análise de conjunto e correspondência.	Modelos booleanos de recuperação, modelos probabilísticos, linguagem de processamento, abordagens baseadas no conhecimento.
Objetivos	Alocar recursos.	Identificar domínios de interesse. Compreender como é feita a comunicação entre os cientistas.	Melhorar a eficiência da recuperação.

Fonte: Adaptado de Mcgrath (1989) apud Macias-Chapula (1998).

2.5.1. Informetria

A informetria é uma disciplina que se dedica ao estudo quantitativo da informação em diversos formatos e contextos sociais. Diferentemente de se restringir a registros bibliográficos ou catálogos, a informetria abrange grupos sociais, não se limitando apenas aos cientistas. Ela incorpora, utiliza e amplia diversos estudos de avaliação da informação que vão além dos limites da bibliometria e da cienciometria (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992).

De acordo com Glänzel e Schoepflin (2005), o escopo da informetria é muito amplo e inclui todos os aspectos quantitativos e modelos de comunicação científica, armazenamento, disseminação e recuperação de informações científicas. Isso abrange todas as orientações existentes atualmente, como aplicações para política científica, ciência da informação e recuperação de informações. Em resumo, o escopo da informetria é bastante abrangente e integrador.

2.5.2. Bibliometria

A bibliometria, como parte da informetria, foca na análise quantitativa das publicações científicas, incluindo artigos, livros e outras formas de comunicação científica. Essa área foi inicialmente introduzida por Pritchard, 1969 e desenvolve padrões e modelos matemáticos para mensurar esses processos, usando os resultados para elaborar previsões e embasar tomadas de decisão (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992).

Glänzel e Schoepflin (2005) dizem que alguns cuidados devem ser tomados para garantir que a qualidade, e não a quantidade, seja o critério para sugerir trabalhos para apresentação ou publicação. Os autores também devem reconhecer a literatura publicada para situar sua própria pesquisa e explicar em que sua contribuição é original. Além disso, os pesquisadores bibliométricos devem procurar fontes de financiamento independentes e diversificadas por meio de bolsas e programas nacionais de pesquisa, pois a pesquisa bibliométrica pode ser parcial e tendenciosa dependendo de quem a financia, seja empresas ou o governo. Essa parcialidade pode comprometer a qualidade e a credibilidade da pesquisa, que pode ser intencionalmente direcionada para favorecer alguma ideia, produto ou política.

2.5.3. Cienciometria

Por sua vez, a cienciometria (denominada igualmente como cientometria), também pertencente à informetria, concentra-se na análise quantitativa da produção científica, incluindo o número de citações recebidas por um artigo ou autor. Essa disciplina é usada para avaliar a produção científica em níveis nacional e internacional, além de auxiliar no desenvolvimento de políticas científicas (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992).

No que diz respeito à cienciometria, esse termo surgiu na antiga URSS e na Europa Oriental, especialmente na Hungria. O termo foi usado pela primeira vez em uma publicação do All-Union Institute for Scientific and Technical Information. Inicialmente, a cienciometria referia-se à aplicação de métodos quantitativos para estudar a história da ciência e o progresso tecnológico. As primeiras definições consideravam a cienciometria como "a medição do processo informático", onde "informático" se referia à disciplina que estuda a estrutura e as propriedades da informação científica, bem como às leis da comunicação. Foi a partir de 1977, com o início da publicação da revista *Scientometrics*, originalmente editada na Hungria e atualmente na Holanda, que o termo ganhou notoriedade (VANTI, 2002).

Na década de 80, o Instituto de Informação Científica (Institut for Scientific Information - ISI) vendeu sua base de dados para várias instituições como uma ferramenta para

ajudar a criar políticas científicas. Isso fez com que a cienciometria se tornasse uma área de interesse acadêmico. Hoje em dia, essa disciplina é muito usada para medir o conhecimento científico. O ISI, é uma fonte importante para esse tipo de medida. Eles processam anualmente muitos periódicos que cobrem mais de cem áreas do conhecimento científico (VANTI, 2002).

Uma forma de fazer avaliações e levantamento de dados cienciométrico se dá por meio dos indicadores. Contudo, esses indicadores são obtidos por meio de comparações, por esse motivo, cautela e uma boa interpretação dos dados coletados se fazem necessários. Para isso, devem ser levadas em consideração as possíveis omissões de dados pelos autores ou informações incorretas, citações tendenciosas, erros de edição, o modelo computacional utilizado e as tendências falsas ou reais (MACIAS-CHAPULA, 1998).

Os indicadores mais utilizados segundo Tague-Sutcliffe (1992) e Macias-Chapula (1998) para fazer essas avaliações no âmbito nacional e internacional são:

- Análise de citações: distribuição entre autores, artigos, instituições, periódicos, países;
- Aspectos estatísticos de frequência da linguagem, palavras e frases, tanto em mídia física quanto digital;
- Características das fontes de publicação, principalmente a distribuição de artigos de uma disciplina em periódicos;
- Coautoria;
- Crescimento de literaturas temáticas, bancos de dados, bibliotecas;
- Crescimento concomitante de novos conceitos;
- Definição e medição de informações, e tipos e características de medida de desempenho de recuperação;
- Mapas de disciplinas baseado em cocitação;
- Mapas dos campos científicos e dos países;
- Número de patentes e número de citações de patentes;
- Obsolescência da literatura, medida tanto pelo uso quanto pela citação;
- Uso de banco de dados;
- Uso de informações registradas: circulação da biblioteca e uso interno de livros e periódicos.

2.6. Metodologia Methodi Ordinatio

Methodi Ordinatio é uma metodologia que se enquadra dentro da área de cienciometria. Ela serve para realizar revisão sistemática da literatura, que consiste em buscar, coletar, selecionar e ler de forma sistematizada o material científico, como artigos, livros, capítulos e trabalhos publicados em eventos. Essa metodologia, proposta por Pagani et al (2015) é composta por nove fases, que vão desde a definição da intenção de pesquisa até a leitura e análise dos artigos selecionados.

A metodologia Methodi Ordinatio tem sido aplicada em diversas áreas do conhecimento, como engenharia, administração, economia e ciência da computação. Alguns exemplos de trabalhos que utilizaram essa metodologia são: Barros et al. (2017), que fizeram uma avaliação de ciclo de vida de sistemas de geração de energia elétrica mais limpa; De Campos, et al. (2019), que propuseram um modelo teórico para avaliar a confiança em redes horizontais de empresas e Pagani, et al. (2016), que analisaram modelos de transferência de tecnologia.

A metodologia Methodi Ordinatio é uma ferramenta útil para os pesquisadores que desejam fazer uma revisão sistemática da literatura de forma criteriosa, abrangente e atualizada, seguindo critérios objetivos e transparentes. Além disso, a metodologia permite identificar as lacunas e oportunidades de pesquisa em um determinado tema, contribuindo para o avanço do conhecimento científico.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise cienciométrica sobre os diferentes tipos de bioplásticos renováveis e as tecnologias que podem substituir o uso de plásticos não degradáveis.

3.2. Objetivos Específicos

- Análise cienciométrica de tecnologias para produção de bioplásticos biodegradáveis a partir de fontes renováveis;
- Análise cienciométrica de artigos relacionados ao desenvolvimento de tecnologias para produção de bioplásticos degradáveis;
- Análise cienciométrica de tecnologias para produção de materiais à base de micélio;
- Análise cienciométrica de estudos envolvendo a produção de materiais a partir do micélio de fungos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho de revisão e análise cienciométrica, será realizada uma pesquisa de artigos científicos publicados em periódicos indexados, usando a plataforma Web of Science e incluindo os artigos produzidos nos últimos vinte anos.

Para realizar as buscas, as palavras-chave selecionadas serão: bioplásticos, biodegradável, plásticos biodegradáveis, polímeros biodegradáveis, embalagem biodegradável, compósito, compósito à base de micélio e biocompósito à base de micélio.

Após a obtenção dos artigos, será feito um refinamento de títulos e temas para que não haja trabalhos com temáticas discrepantes. Também serão eliminados artigos de revisão e trabalhos com títulos repetidos. Por fim, será feita a análise e agrupamento por subtemas e categorias, proporcionando a elaboração da análise de dados quantitativos.

Para a análise cienciométrica será utilizada a interface “Biblioshiny” da ferramenta, livre e de código aberto, “Bibliometrix”.

Os artigos mais bem colocados no ranqueamento serão lidos na íntegra, para uma síntese abrangente do assunto e uma discussão aprofundada acerca do estado da arte, bem como a indicação de tendências e sugestões para desenvolvimentos tecnológicos futuros.

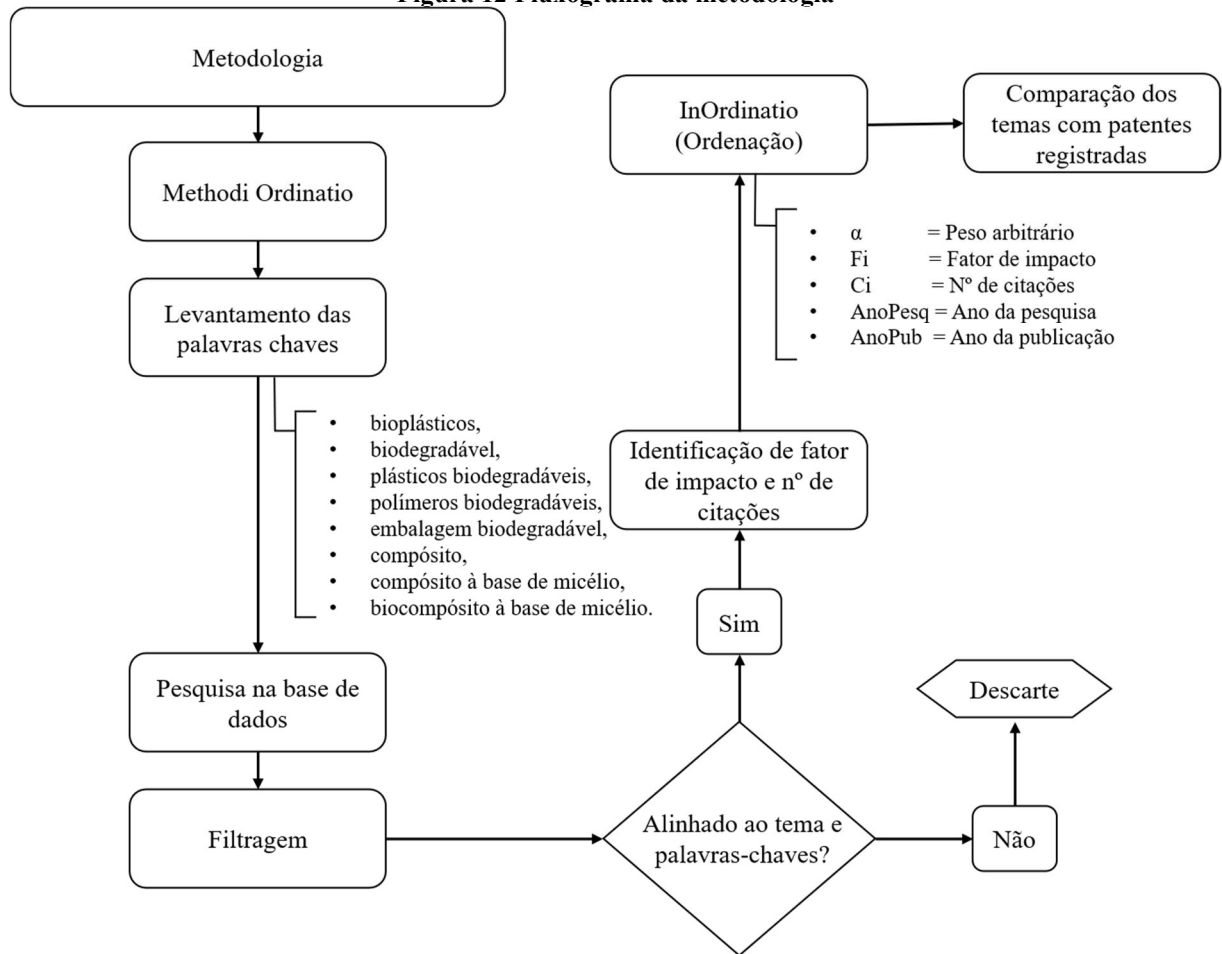
4.1. Elaboração do índice *InOrdinatio*

Para classificar os artigos quanto à sua relevância (ranqueamento), será utilizada a metodologia *Methodi Ordinatio*, que leva em conta três elementos fundamentais de uma publicação: o ano de publicação (que indica a atualidade do trabalho), o fator de impacto (que indica a relevância do periódico onde foi publicado), e o número de citações (que indica o reconhecimento do trabalho pela comunidade científica). O índice *Ordinatio* é calculado pela equação (1):

$$InOrdinatio = \left(\frac{Fi}{1000} \right) + \left(\alpha (10 - (AnoPesq - AnoPub)) \right) + (Ci) \quad (1)$$

Onde, Fi é o fator de impacto do periódico, α é um peso arbitrário entre 0 e 1, $AnoPesq$ é o ano da pesquisa, $AnoPub$ é o ano da publicação do artigo, e Ci é o número de citações do artigo. A Figura 12 resume a metodologia em um fluxograma para auxiliar no entendimento.

Figura 12 Fluxograma da metodologia



Fonte: o Autor (2023).

5. RESULTADOS ESPERADOS

Identificar quais os materiais mais pesquisados no contexto da preservação do meio ambiente, bem como uma análise das novas tendências emergentes que têm o potencial de impactar positivamente nessa área. Através dessa pesquisa, espera-se obter insights sobre os recursos mais promissores e sustentáveis, que podem contribuir para a preservação ambiental a longo prazo. Essas descobertas têm o potencial de orientar ações futuras e fomentar o desenvolvimento de soluções inovadoras para um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, A. **Setores da indústria: química orgânica**. 1ª Edição ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2007.
- Atlas do plástico**. 1ª. Edição ed. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Böll, 2020.
- BAJWA, D. S. et al. Enhancement of termite (*Reticulitermes flavipes* L.) resistance in mycelium reinforced biofiber-composites. **Industrial Crops and Products**, v. 107, p. 420–426, 15 nov. 2017.
- BARROS, M. V.; PIEKARSKI, C. M.; SALVADOR, R. Avaliação de Ciclo de Vida de sistemas de geração de energia elétrica mais limpa: uma análise de produção científica. **6th international workshop advances in cleaner production**, p. 1–10, 2017.
- CORREIO BRAZILIENSE. **Como a poluição do meio ambiente por plástico pode prejudicar sua saúde**. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2021/06/4929279-como-a-poluicao-do-meio-ambiente-por-plastico-pode-prejudicar-sua-saude.html>. Acesso em: 16 maio. 2023.
- COX, K. D. et al. Human Consumption of Microplastics. **Environmental Science and Technology**, v. 53, n. 12, p. 7068–7074, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/sharingguidelines>. Acesso em: 16 maio. 2023.
- DA SILVA, M. C. Polímeros Biodegradáveis: Tipos, Propriedades e Aplicações. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, n. 1, p. 2071–2079, 2013. Disponível em: <http://www.uezo.rj.gov.br/tcc/tp/Mauro-Cândido-da-Silva.pdf>.
- DE CAMPOS, E. A. R.; RESENDE, L. M.; PONTES, J. Barriers, external aspects and trust factors in horizontal networks of companies: a theoretical proposal for the construction of a model for evaluation of trust. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 30, n. 4, p. 1547–1562, 1 abr. 2019.
- DE SOUZA MACHADO, A. A. et al. **Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems** *Global Change Biology* John Wiley & Sons, Ltd, , 1 abr. 2018. . Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.14020>. Acesso em: 16 maio. 2023.
- DORNELLES, A. et al. **Simulação de Micélio de Fungo - Física Computacional**. Disponível em: https://fiscomp.if.ufrgs.br/index.php/Simulação_de_Micélio_de_Fungo#cite_note-PAULA-2. Acesso em: 23 maio. 2023.
- E SANTOS, A. S. F. et al. Sacolas plásticas: Destinações sustentáveis e alternativas de substituição. **Polimeros**, v. 22, n. 3, p. 228–237, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/vvx7y3vfXJr95TFccxB3sgv/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 maio. 2023.
- ECOVATIVE DESIGN LLC. **Ecovative - Mycelium Technology | Sustainable & Biodegradable Material**. Disponível em: <https://www.ecovative.com/>. Acesso em: 18 maio. 2023.
- EUROPEAN BIOPLASTICS. **European bioplastics**. Disponível em: <https://www.european-bioplastics.org/>. Acesso em: 18 maio. 2023.

FORBES. **Entenda o que é micélio, a rede de fungos que pode ajudar na sustentabilidade planetária.** Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/01/entenda-que-e-micelio-a-rede-de-fungos-que-pode-ajudar-na-sustentabilidade-planetaria/>. Acesso em: 18 maio. 2023.

GLÄNZEL, W.; SCHOEPLIN, U. Little scientometrics, big scientometrics ... and beyond? **Scientometrics**, v. 30, n. 2–3, p. 375–384, 6 ago. 1994. Disponível em: <https://akjournals.com/view/journals/11192/30/2-3/article-p375.xml>. Acesso em: 26 maio. 2023.

GOU, L. et al. Morphological and physico-mechanical properties of mycelium biocomposites with natural reinforcement particles. **Construction and Building Materials**, v. 304, p. 124656, 18 out. 2021.

HANEEF, M. et al. Advanced Materials from Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. **Scientific Reports**, v. 7, 24 jan. 2017.

HOLCIM FOUNDATION FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION. **Hy-Fi: Zero carbon emissions compostable structure.** Disponível em: <https://www.holcimfoundation.org/projects/hy-fi>. Acesso em: 18 maio. 2023.

HOLT, G. A. et al. Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material: Evaluation study of select blends of cotton byproducts. In: Journal of Biobased Materials and Bioenergy, 4, **Anais...American Scientific Publishers**, ago. 2012.

INNOCENTINI-MEI, L.; MARIANI, P. D. S. C. **Visão geral sobre polímeros ou plásticos ambientalmente degradáveis PADs.** 2005. Unicamp, Campinas, 2005. Disponível em: https://www.feq.unicamp.br/images/stories/documentos/dtp_edps.pdf. Acesso em: 17 maio. 2023.

ISSAC, M. N.; KANDASUBRAMANIAN, B. **Effect of microplastics in water and aquatic systems** *Environmental Science and Pollution Research* Springer, , 2 mar. 2021. . Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-13184-2>. Acesso em: 16 maio. 2023.

JAMBECK, J. R. et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768–771, 13 fev. 2015.

KARANA, E. et al. When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. **International Journal of Design**, v. 12, n. 2, p. 119–136, 2018.

KAVANAGH, K. **Fungi: Biology and Applications: Second Edition.** Second Edi ed. [s.l.] wiley, 2011.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, v. 27, n. 2, p. nd-nd, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ci/a/rz3RTKWZpCxVB865BQRvtmh/?lang=pt>. Acesso em: 26 maio. 2023.

MAESTROVIRTUALE. **Micélio: tipos, características, funções e usos.** Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/micelio-tipos-caracteristicas-funcoes-e-usos/>.

MCGRATH, W. What bibliometricians, scientometricians and informetricians study; a typology for definition and classification; topics for discussion. In: International Conference on Bibliometrics, Scientometrics and Informetrics, Ontario. **Anais...** Ontario: The University of Western Ontario, 1989.

MICHAELI, W. et al. **Tecnologia dos plástico**. 1ª Edição ed. [s.l: s.n.]

MORAES, V. B. de. **Michaelis: dicionário escolar língua portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 2009.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Microplásticos estão em nossos corpos. Quanto eles nos prejudicam?** | **National Geographic**. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/04/microplasticos-estao-em-nossos-corpos-quanto-eles-nos-prejudicam>. Acesso em: 16 maio. 2023.

PAGANI, R. N. et al. Technology transfer models: typology and a generic model. **International Journal of Technology Transfer and Commercialisation**, v. 14, n. 1, p. 20, 2016.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. M. de. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, 6 maio 2018. Disponível em: <https://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1886>. Acesso em: 26 maio. 2023.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 1 dez. 2015.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. **Série: Conversando sobre ciências em alagoas**, p. 51, 2005.

PLÁSTICO MODERNO. **Origem do plástico: de onde vem, quando surgiu e mais**. Disponível em: <https://www.plastico.com.br/origem-do-plastico/>. Acesso em: 18 maio. 2023.

PLASTICS EUROPE. **Plastics Europe: Enabling a Sustainable Future**. Disponível em: <https://plasticseurope.org/>. Acesso em: 18 maio. 2023.

PRITCHARD, A. **Statistical bibliography or bibliometrics?** **Journal of Documentation**, 1969. . Disponível em: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1570009750342049664>. Acesso em: 26 maio. 2023.

PROFISSÃO BIOTEC. Fungos: o biomaterial do futuro. 2017. Disponível em: <https://profissaobiotec.com.br/fungos-o-biomaterial-futuro/>.

ROCHA-SANTOS, T.; DUARTE, A. C. **A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment** **TrAC - Trends in Analytical Chemistry** Elsevier, , 1 fev. 2015. .

SIJABAT, T. W. S. Estudo mostra que podemos estar “contaminados” por microplásticos, assim como os oceanos. **BBC**, p. 100, 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-45950722>. Acesso em: 16 maio. 2023.

SILVA-CAVALCANTI, J. S.; BARBOSA DE ARAÚJO, M. C.; FERREIRA DA COSTA, M. Plastic litter on an urban beach - A case study in Brazil. **Waste Management and Research**, v. 27, n. 1, p. 93–97, 2009.

SYDOR, M. et al. **Fungi in Mycelium-Based Composites: Usage and Recommendations**MaterialsMultidisciplinary Digital Publishing Institute, , 9 set. 2022. . Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/18/6283/htm>. Acesso em: 23 maio. 2023.

TAGUE-SUTCLIFFE, J. An introduction to informetrics. **Information Processing & Management**, v. 28, n. 1, p. 1–3, 1 jan. 1992.

VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, p. 369–379, ago. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ci/a/SLKfBsNL3XHPPqNn3jmqF3q/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 26 maio. 2023.

VEIGA, E. **Cada pessoa come até 121 mil partículas de plástico por ano, diz estudo - BBC News Brasil**. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-48518601>>. Acesso em: 16 maio. 2023.

VOGUE BRASIL. **12 materiais mais sustentáveis que podem mudar o futuro da moda**. Disponível em: <https://vogue.globo.com/um-so-planeta/noticia/2022/07/12-materiais-sustentaveis-que-podem-mudar-o-futuro-da-moda.html>.

WELDEN, N. A. **The environmental impacts of plastic pollution**. [s.l.] Elsevier Inc., 2020.

WILCOX, C. et al. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 112, n. 38, p. 11899–11904, 2015.

WIMMERS, G. et al. Fundamental studies for designing insulation panels from wood shavings and filamentous fungi. **BioResources**, v. 14, n. 3, p. 5506–5520, 29 maio 2019. Disponível em: https://jtatm.textiles.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_14_3_5506_Wimmers_Designing_Insulation_Panels. Acesso em: 23 maio. 2023.

YAN, Z. et al. Analysis of Microplastics in Human Feces Reveals a Correlation between Fecal Microplastics and Inflammatory Bowel Disease Status. **Environmental Science and Technology**, v. 56, n. 1, p. 414–421, 4 jan. 2022. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.1c03924>. Acesso em: 16 maio. 2023.

ZHANG, K. et al. **Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review**Environmental PollutionElsevier, , 1 abr. 2021. .

ZHENG, J.; SUH, S. **Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics**Nature Climate ChangeNature Publishing Group, , 15 abr. 2019. . Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0459-z>. Acesso em: 16 maio. 2023.