

# UMA REVISÃO DE ALTERNATIVAS BIODEGRADÁVEIS PARA APLICAÇÃO EM FILME MULCHING

## A REVIEW OF BIODEGRADABLE ALTERNATIVES FOR MULCHING FILM APPLICATIONS

Tayná Blumer Albuquerque<sup>1</sup>, Poliana Zava Ribeiro<sup>2</sup>, Renata Leme<sup>3</sup>,  
Evelin Thayná Serpa<sup>4</sup>, Lucas Repecka Alves<sup>5</sup> e Maira de Lourdes Rezende<sup>6</sup>

### RESUMO

Este artigo revisa a literatura sobre filmes biodegradáveis para cobertura do solo na agricultura, avaliando sua viabilidade como alternativa aos filmes plásticos convencionais à base de polietileno de baixa densidade (PEBD). A análise abrange estudos com materiais poliméricos como o filme comercial Agrobiofilm, biopolímeros à base de amido e misturas de poli(butileno adipato-co-tereftalato) (PBAT), enfatizando propriedades mecânicas, biodegradação no solo e desempenho agrônomico. Os resultados revelam desempenho agrônomico similar ao PEBD em produtividade e cobertura do solo, mas com limitações em durabilidade em campo e controle da taxa de degradação. Por outro lado, maior permeabilidade ao vapor de água e biodegradabilidade destacam benefícios ambientais, apesar de desafios operacionais em cultivos de ciclo longo. Filmes biodegradáveis surgem como alternativa promissora ao PEBD, desde que se equilibrem desempenho mecânico, estabilidade durante o cultivo e degradação controlada em variadas condições ambientais.

**Palavras-chave:** Filmes biodegradáveis; Agricultura sustentável; Impacto ambiental.

### ABSTRACT

*This article reviews the literature on biodegradable mulch films for agricultural use, evaluating their viability as an alternative to conventional low-density polyethylene (LDPE) plastic films. The analysis covers studies involving polymeric materials such as the commercial Agrobiofilm, starch-based biopolymers, and poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) blends, emphasizing mechanical properties, biodegradation in soil, and agronomic performance. The results reveal agronomic performance similar to LDPE in terms of yield and soil coverage, but with limitations regarding field durability and control of the degradation rate. On the other hand, higher water vapor permeability and biodegradability highlight environmental benefits, despite operational challenges in long-cycle crops. Biodegradable films emerge as a promising alternative to*

1 Tecnóloga em Polímeros pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, Brasil. E-mail: tayna750@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6129-2822>

2 Mestranda em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos. E-mail: polianazrs@estudante.ufscar.br. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2035-7950>

3 Mestranda em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos. E-mail: renataleme@outlook.com.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1331-467X>

4 Doutoranda em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos. E-mail: evelin.serpa@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1735-1117>

5 Doutorando em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos. E-mail: lucasrepecka@estudante.ufscar.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5458-2403>

6 Doutora em Nanociência e Materiais Avançados pela Universidade Federal do ABC. Docente da Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales. E-mail: marezende0282@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0677-0068>

*LDPE, provided that mechanical performance, stability during cultivation, and controlled degradation under varying environmental conditions are balanced.*

**Keywords:** *Biodegradable films; Sustainable agriculture; Environmental impact.*

## 1 INTRODUÇÃO

A previsão de que a população mundial atingirá 9,9 bilhões de pessoas até 2054 (ONU 2024) impõe desafios significativos à segurança alimentar global, exigindo o aumento da produtividade agrícola de forma sustentável. Nesse contexto, o uso de tecnologias que otimizem o cultivo, como os filmes plásticos para cobertura do solo (mulching), tem se destacado como uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho das culturas.

A técnica de mulching oferece benefícios agrônômicos amplamente reconhecidos, como a supressão de plantas daninhas, a conservação da umidade do solo, a regulação térmica e o estímulo ao crescimento vegetal, resultando em maior produtividade e qualidade dos frutos (Serrano *et al.*, 2021). Desde a década de 1950, o polietileno de baixa densidade (PEBD) tem sido o principal polímero utilizado para essa finalidade, devido à sua flexibilidade, resistência mecânica e baixo custo (Caixeta *et al.*, 2022).

Entretanto, o uso intensivo de filmes plásticos convencionais tem gerado preocupações ambientais crescentes. Apenas em 2023, o Brasil consumiu cerca de 2.167 mil toneladas de resinas para embalagens plásticas flexíveis, das quais 75% foram de PEBD (ABRE, 2024). Estima-se que aproximadamente 211 mil toneladas desse material tenham sido destinadas ao setor agropecuário, incluindo aplicações em mulching. Como esses filmes são geralmente utilizados por apenas um ciclo de cultivo, a geração de resíduos plásticos é significativa (Madrid *et al.*, 2022). A recalcitrância do PEBD, associada à sua estrutura hidrofóbica, sua elevada massa molar e grau de cristalinidade, dificulta sua degradação no ambiente, contribuindo para a poluição do solo e comprometendo a sustentabilidade agrícola (Ghatge *et al.*, 2020).

A remoção dos filmes plásticos utilizados como mulching após a colheita constitui um dos principais desafios da técnica agrícola, pois é um processo trabalhoso e dispendioso, que requer mão de obra intensiva e gera custos significativos para os produtores (Madrid *et al.*, 2022). A dificuldade em coletar completamente os resíduos plásticos do solo resulta no acúmulo de fragmentos, que podem ficar parcialmente enterrados e exigir esforços adicionais para sua retirada (Madrid *et al.*, 2022). Além disso, a presença prolongada desses resíduos afeta negativamente a qualidade do solo, influenciando sua estrutura, densidade e capacidade de retenção de água, o que impacta diretamente a produtividade agrícola.

Um problema ambiental mais grave associado a esses resíduos é a formação e acumulação de microplásticos, que são partículas resultantes da fragmentação dos filmes plásticos convencionais. Esses microplásticos contaminam o solo agrícola, afetando a biodiversidade do solo, comprometendo

a atividade microbiana e alterando ciclos de nutrientes essenciais para a manutenção da fertilidade (Zhang *et al.*, 2022). A persistência dos microplásticos no ambiente agrícola representa um desafio emergente que compromete a sustentabilidade do sistema, tornando urgente a adoção de alternativas biodegradáveis e práticas de manejo mais responsáveis (Madrid *et al.*, 2022).

Diante desse cenário, a substituição de plásticos convencionais por materiais biodegradáveis não é apenas desejável, mas urgente. A transição para uma economia baseada em recursos renováveis exige soluções que conciliem desempenho técnico com responsabilidade ambiental. Diversos estudos têm investigado alternativas promissoras, como o AgroBioFilm®, polímeros à base de amido e o PBAT, com resultados encorajadores quanto à eficiência agrônômica e à degradação no solo (Razza *et al.*, 2019).

Este artigo tem como objetivo apresentar uma revisão crítica da literatura sobre o uso de filmes biodegradáveis em mulching agrícola, destacando os principais materiais estudados, suas vantagens e limitações. Ao reunir e analisar os avanços mais relevantes da área, esta revisão busca contribuir para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis e para a consolidação de uma bioeconomia no setor agropecuário.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA BIBLIOGRÁFICA

Para a presente revisão bibliográfica, foram buscados artigos usando palavras-chave como *filmes mulching*, *filmes mulching biodegradáveis*, *biodegradação de polietileno*, *filmes biodegradáveis agrícolas*, *filmes agrícolas*, *agricultura sustentável*, *microplásticos no solo*, *produtividade agrícola*, *filmes biodegradáveis para cobertura agrícola*, inseridas nas plataformas Google Scholar, Science Direct, Scopus, SciELO, Portal CAPES, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, além de bases complementares como sites institucionais. A busca de artigos que analisem materiais inovadores abrangeu principalmente os que foram publicados desde 2020, além de artigos mais antigos contendo fundamentos do assunto.

### 2.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Foram excluídos os artigos sem acesso aberto completo, artigos que não apresentavam dados experimentais relevantes e aprofundados, sem pesquisas inovadoras ou que discutissem sobre plásticos que não tivessem aplicações agrícolas.

Como critério de inclusão, foram utilizados artigos científicos que abordam o uso de filmes poliméricos biodegradáveis aplicados à cobertura agrícola (*mulching*), contemplando tanto o desenvolvimento dos materiais quanto a avaliação de suas propriedades mecânicas, de barreira e de

degradação. Também foram considerados estudos que analisam os impactos desses materiais na produtividade agrícola, na eficiência do uso da água, na saúde do solo e nos aspectos ambientais, como a formação de microplásticos. Sendo assim, finalmente foram selecionados 28 artigos científicos como referência e 5 fontes de apoio, totalizando 33 fontes.

A seleção dos artigos de referência foi realizada de forma criteriosa, visando garantir a relevância, atualidade e qualidade científica das fontes utilizadas.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 FILMES MULCHING

A agricultura moderna busca maior eficiência na produção de alimentos por meio da adoção de técnicas que aumentem a produtividade das culturas com menor uso de recursos naturais, como solo e água. Nesse contexto, o mulching se destaca como uma técnica de cobertura do solo amplamente utilizada, que promove benefícios como redução da evaporação, controle de plantas daninhas, prevenção da erosão e melhoria das condições térmicas do solo (Da Silva *et al.*, 2021).

Esses efeitos influenciam diretamente a dinâmica hídrica do solo, favorecendo a retenção de umidade, a infiltração de água e a redução da salinização na zona radicular. Como consequência, há melhores condições para o desenvolvimento das raízes, o que impacta positivamente a absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, o desempenho das culturas (Huang *et al.*, 2024; Yang *et al.*, 2025). A Figura 1 apresenta algumas imagens demonstrativas do uso dos filmes mulching.

**Figura 1** - Exemplos de aplicação dos filmes *mulching*.



Fonte: Baragatti, *et al.*, 2021.

O efeito agrônômico do mulching pode variar de acordo com as condições climáticas, sendo mais expressivo em regiões de clima frio, onde o aumento da temperatura do solo favorece o desenvolvimento das plantas e o rendimento das culturas. Em regiões mais quentes, embora o impacto na

produtividade seja menos intenso, ainda há benefícios relevantes relacionados à conservação da umidade e ao controle de plantas daninhas (Hu *et al.*, 2020; Huang *et al.*, 2024).

Em relação à origem dos materiais, os filmes de mulching podem ser classificados em sintéticos e orgânicos. Os sintéticos, predominantemente à base de polietileno de baixa densidade (PEBD), apresentam diferentes colorações, as quais influenciam a absorção e reflexão da radiação solar e, conseqüentemente, o microclima do solo. Já os filmes orgânicos são obtidos a partir de resíduos vegetais como palhada de milho, casca de arroz e sorgo, entre outros, apresentando menor impacto ambiental por serem biodegradáveis e potencialmente reutilizáveis (Barros & Cavalcante, 2021; Yang *et al.*, 2025).

### 3.2 FILMES DE POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE

Os filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) são amplamente utilizados como mulching agrícola devido à sua eficiência na modificação do microclima do solo e no aumento da produtividade das culturas. Esses materiais contribuem para a conservação da umidade, retenção de calor e melhoria do uso da água, além de atuarem no controle de plantas daninhas e na redução da pressão de pragas. Em regiões áridas, seu uso é particularmente relevante devido à limitação hídrica. Entre suas variantes, o filme preto apresenta maior eficiência no bloqueio da luz e controle de plantas daninhas, enquanto o filme transparente favorece o aquecimento do solo, influenciando o desenvolvimento inicial das plantas (Bozzolo *et al.*, 2025; Lin *et al.*, 2024).

### 3.3 DESVANTAGENS DO USO DE FILMES DE POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE

Apesar dos benefícios agrônômicos, o uso contínuo de filmes de PEBD apresenta limitações ambientais importantes devido à sua baixa degradabilidade. A persistência desses materiais no solo pode levar ao acúmulo de resíduos plásticos em camadas superficiais e profundas, dificultando sua remoção e promovendo contaminação de longa duração (Liang *et al.*, 2025).

Embora esses sistemas contribuam para aumentos expressivos de produtividade, seu uso intensivo tem sido associado à crescente poluição de áreas agrícolas, com impactos na qualidade do solo e possíveis riscos à segurança alimentar. Além disso, fragmentos de plástico podem ser transportados para ambientes aquáticos, ampliando os efeitos ambientais do seu descarte inadequado (Li *et al.*, 2022).

A remoção parcial desses filmes após o cultivo também contribui para o acúmulo progressivo de macro e microplásticos no solo, uma vez que o material tende a se fragmentar durante o processo de retirada. Esse problema é agravado em sistemas de cultivo que utilizam filmes mais finos, os quais apresentam maior susceptibilidade à degradação física durante o uso e manejo (Huang *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2018).

### 3.4 FILMES BIODEGRADÁVEIS

Como observado anteriormente, uma das principais limitações dos filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) está relacionada à sua dificuldade de destinação final, o que tem impulsionado o desenvolvimento de alternativas baseadas em polímeros biodegradáveis. Esses materiais vêm sendo amplamente estudados quanto ao seu desempenho mecânico, comportamento agrônomico e comparação com polímeros convencionais em diferentes condições de cultivo (Agrobiofilm, 2013; Gao *et al.*, 2025).

A degradação desses materiais ocorre principalmente pela ação de microrganismos presentes no solo, que promovem alterações na estrutura química do polímero até sua decomposição. Além da biodegradação biológica, existem outros mecanismos de degradação associados a plásticos agrícolas, como a fotodegradação e a oxidação, embora esses processos não resultem necessariamente em completa assimilação no solo.

Os polímeros utilizados em aplicações agrícolas podem ser classificados como *biobased*, fósseis ou híbridos, sendo que nem todos os materiais de origem renovável apresentam biodegradabilidade. Um exemplo é o polietileno verde, que apesar de derivado da cana-de-açúcar, mantém comportamento não biodegradável. Em contrapartida, materiais como PLA, PHAs, celulose e amido apresentam simultaneamente origem renovável e capacidade de biodegradação.

De forma geral, a biodegradação é definida por normas técnicas como um processo de transformação irreversível que leva à perda das propriedades do material, podendo resultar na sua incorporação ao solo. No contexto agrícola, essa característica é considerada um dos principais diferenciais dos filmes biodegradáveis, uma vez que elimina a necessidade de remoção após o ciclo de cultivo e reduz o acúmulo de resíduos plásticos no ambiente.

Historicamente, o uso de polímeros biodegradáveis como cobertura do solo vem sendo estudado desde a década de 1960, com destaque inicial para o amido, apesar de suas limitações estruturais e de estabilidade. Atualmente, o desenvolvimento desses materiais busca equilibrar desempenho mecânico e taxa de degradação, sendo esse um dos principais critérios para sua aplicação efetiva em sistemas agrícolas (Wang *et al.*, 2025).

### 3.5 FILMES BIODEGRADÁVEIS DISPONÍVEIS NO COMÉRCIO

Diversos filmes biodegradáveis passaram a ser disponibilizados comercialmente, sendo testados em diferentes culturas agrícolas e condições ambientais. Esses materiais representam alternativas ao polietileno convencional, com potencial de redução do impacto ambiental associado ao acúmulo de resíduos plásticos no solo (Mansoor *et al.*, 2022).

**Tabela 1 - Filmes de mulching disponíveis comercialmente.**

<b>Películas de cobertura biodegradáveis comerciais</b>	<b>Composição</b>	<b>Fabricante, País</b>	<b>Culturas cultivadas com filmes mulching</b>
Bio360	Mater-Bi - PBAT	Dubois, Agrinovation	-
BioAgri®	Mater-Bi® grade EF04P	BioBag Americas, Inc., Dunedin, Noruega	-
Bicycle	Sucrose/PHA blenda	PHB Industrial, Brasil	
Bio-Flex	PLA/copoliéster	FKuR Kunststoff, Alemanha	-
Biosafe™	PBAT/TPS blenda; PBS; PBSA	Xinfu Pharmaceutical Co., China	-
Biomax®	TPS + amido DuPont	Wilmington, DE, EUA	Milho
Biomer	L PHA Biomer	Alemanha	
Bionolle Showa	TPS + PLA + (PBS ou PBSA)	Denko Europe, Alemanha	Cebola
Biopar	TPS/copoliéster BIOP Biopolymer Technologies	Alemanha	-
Eastar Bio™	PBAT/TPS blenda Novamont	Itália	-
Enviro	PBAT; PLA; TPS Enviro Plastics SDN BHD	Malásia	-
Eco-Flex® TPS +	Amido + PBAT BASF	Alemanha	Morango, tomate
Ecovio®	PBAT + PLA BASF	Alemanha	Pepino
EcoWorks	TPS + PBAT Cortec Corporation	St. Paul, MN, EUA	Pimentão
Ingeo®	Amido + PLA NatureWorks	EUA	Tomate
Mater-Bi®	TPS + PCL Novamont	Italy	Tomate
Naturecycle	Amido + poliéster Custom Bioplastics	Burlington, WA, EUA.	Abóbora
Organix A.G. Film™	-	Organix Solutions, Maple Grove, MN, EUA	-
Paragon	BASF®ecovio® grade M2351	Avebe, Holanda	
WeedGuardPlus	Celulose	Sunshine Paper, Aurora, CO, EUA	Morango
Weed Block	Celulose	Easy Gardener Products, Inc., Waco, TX, EUA	-

Fonte: Adaptado de (Mansoor *et al.*, 2022 e Campanale *et al.*, 2024).

Para garantir que esses materiais cumpram sua função ambiental de forma efetiva, sua aplicação é regulamentada por normas técnicas específicas, como a EN 17033:2018, que estabelece critérios de biodegradabilidade e desempenho para filmes de cobertura agrícola. Segundo essa norma, o material deve atingir níveis elevados de degradação no solo dentro de um período definido, assegurando sua incorporação ao ambiente sem acúmulo de resíduos persistentes.

Essa norma é compatível com outros referenciais internacionais, como a ISO 17556 e normas nacionais equivalentes, que padronizam métodos de avaliação da biodegradação em solo (Campanale *et al.*, 2024). Em conjunto, essas regulamentações são fundamentais para diferenciar materiais efetivamente biodegradáveis daqueles apenas degradáveis, garantindo maior segurança ambiental na adoção de filmes agrícolas.

## 3.6 MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS APLICADOS COMO MULCHING

### 3.6.1 Agrobiofilm®

No projeto Agrobiofilm® foi testado um biofilme com o nome comercial de Mater-Bi® produzido pela empresa Novamont, Novara, Itália, que é um produto certificado como biodegradável e compostável - NF U52-001, 2005; (Agrobiofilm, 2013; Carneiro *et al.*, 2025). O Mater-Bi é um termoplástico biodegradável feito com copolíéster com tecnologia própria da empresa. Possuem diversas formulações (grades), que são amplamente estudadas e aplicadas como filmes mulching. Morra *et al.*, (2022) estudaram a comparação de dois grades de Mater-Bi, grade EF04P0 (18 microns), material comercial, e um grade EF08P0 (18 microns) com formulação aprimorada para plantios de tempos mais longos como o morango, e comparou-os com filmes de PEBD. Realizam uma pesquisa em campo com duração de 230 dias em 2020-2021, em que avaliaram a melhor resistência mecânica comparando as duas grades, rendimentos de duas variáveis de morangos, melhores conteúdos solúveis totais e compostos bioativos na fruta para quatro datas da colheita comparando com os rendimentos da produção utilizando o filme de PEBD. A grade testada apresentou um melhoramento no desempenho no quesito durabilidade dos filmes ao compará-lo com a grade comercial. Ambas as grades de Mater-Bi foram capazes de garantir uma boa produtividade da cultura comparando com o PEBD utilizado usualmente. Devido às características produtivas de região da Itália (Campânia e Basilicata), em que o teste foi realizado, recomenda-se a utilização de filmes de 20 microns. As características qualitativas dos frutos dependem do tipo de cultura empregada e do tempo de colheita, onde propuseram que mais testes serão realizados na grade modificada para melhor compreender o filme mulching biodegradável, o papel de sua espessura, os parâmetros ambientais (temperatura do solo e do ar, teor de água no solo, características espectrais e fotossintéticas), bem com a qualidade do fruto e a produtividade (Morra *et al.*, 2022).

Os filmes Mater-Bi foram apontados como alternativas viáveis ao PEBD quanto à aplicabilidade. Entretanto, a ausência de uma análise econômica comparativa limita a avaliação da viabilidade prática desses materiais, especialmente no que diz respeito aos custos operacionais e de implementação.

### 3.6.2 Bioplástico de amido de milho

O amido presente na composição de bioplásticos atua como fonte de carbono e energia para microrganismos do solo, favorecendo sua degradação, uma vez que disponibiliza substratos facilmente assimiláveis pela microbiota (Wang *et al.*, 2025).

Estudos têm demonstrado que a utilização de filmes plásticos, como o polietileno preto, eleva a temperatura do solo devido à maior absorção da radiação solar e posterior transferência de calor.

Em contrapartida, coberturas orgânicas apresentam efeito isolante e favorecem a dissipação de energia, contribuindo para o resfriamento do solo (Hu *et al.*, 2020).

A variação do teor de umidade no solo foi significativamente influenciada pelo tipo de cobertura aplicada. Coberturas com filmes de plástico biodegradável mantiveram o solo com umidade entre 21% e 25%, enquanto o solo sem cobertura apresentou apenas 17,1%, evidenciando maior perda de água por evaporação e, conseqüentemente, menor retenção hídrica em comparação às coberturas (Huang *et al.*, 2024; Gao *et al.*, 2025).

Também foi observada a redução de plantas invasoras nas áreas com cobertura do solo, uma vez que a limitação da incidência de luz e das variações térmicas impede a germinação das sementes, reduzindo a competição com a cultura principal.

Os estudos sobre coberturas à base de amido de milho demonstram vantagens relevantes, como a elevada biodegradabilidade no solo, o que contribui para a redução da poluição de longa duração. Além disso, o amido apresenta alta viabilidade econômica em comparação a polímeros sintéticos, destacando-se como uma alternativa acessível, abundante e renovável, alinhada aos princípios da sustentabilidade.

Entretanto, sua aplicação prática ainda enfrenta limitações significativas, especialmente relacionadas às propriedades mecânicas insuficientes e à baixa resistência à água. Nesse sentido, os estudos analisados reconhecem essas limitações e indicam a necessidade de aprimoramentos, porém não apresentam protocolos experimentais detalhados que permitam sua aplicação imediata, evidenciando lacunas para investigações futuras.

### 3.6.3 Filmes de PBAT

Primeiramente, foram analisadas as propriedades mecânicas dos filmes, verificando-se que os materiais à base de PBAT não apresentaram diferenças significativas quando comparados ao polietileno de baixa densidade (PEBD), especialmente em relação ao desempenho à tração. Além disso, observou-se que a mistura PLA/PBAT apresentou menor alongamento e maior tensão, comportamento associado à maior rigidez do PLA e de suas misturas (Touchaleume *et al.*, 2016). De modo geral, a maioria dos filmes avaliados apresentou propriedades mecânicas superiores aos valores estabelecidos pela norma EN 13655, voltada para filmes de mulching (Ai *et al.*, 2025; Shin *et al.*, 2025; Touchaleume *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2025).

No que se refere às propriedades de barreira, verificou-se que os biopolímeros apresentaram maior permeabilidade ao vapor de água em comparação ao PE, variando de aproximadamente 3,3 vezes para sistemas PLA/PBAT até mais de 6 vezes para composições à base de amido. Essa característica pode tornar o solo mais suscetível à perda de água por evaporação. Ainda assim, os filmes estudados, incluindo os sistemas à base de amido/PBAT, apresentaram desempenho mecânico suficiente para aplicação como filmes de cobertura agrícola.

Em relação à biodegradabilidade, os índices foram avaliados por meio de sistema respirométrico, sendo observado que materiais contendo amido apresentaram maiores níveis de degradação ao longo de dois anos. Por outro lado, a mistura PLA/PBAT apresentou menor biodegradabilidade, possivelmente devido à presença de PLA, cuja degradação é dificultada em estado vítreo (Shin *et al.*, 2025; Touchaleume *et al.*, 2016). De modo geral, os biopolímeros à base de PBAT apresentaram comportamento compatível com o esperado para materiais biodegradáveis, configurando-se como alternativas mais sustentáveis ao PE.

Do ponto de vista agrônomico, observou-se que o uso de filmes de cobertura promoveu aumento significativo na produtividade em comparação ao solo descoberto, além de antecipar a frutificação das videiras. Não foram identificadas diferenças significativas entre os diferentes tipos de cobertura, com produtividades variando entre 12,95 e 16,78 t/hectare, enquanto o solo sem cobertura apresentou valores significativamente inferiores.

Entretanto, uma limitação recorrente dos filmes biodegradáveis é a menor durabilidade em campo. Após cerca de cinco meses, esses materiais já apresentavam sinais de degradação, como trincas e fragilidade, enquanto o filme de PEBD permanecia praticamente intacto. Esse comportamento também foi relatado em outros estudos (Touchaleume *et al.*, 2016), incluindo aplicações em diferentes culturas e espessuras de filme, bem como em materiais comerciais como o Mater-Bi®.

Apesar da degradação precoce, os filmes biodegradáveis ainda mantiveram cobertura parcial do solo, suficiente para preservar características térmicas e contribuir para o desenvolvimento das culturas. Além disso, embora apresentem maior permeabilidade ao vapor de água, essa característica não impactou negativamente a produtividade. Dessa forma, observa-se que, mesmo com limitações, os filmes biodegradáveis apresentam desempenho agrônomico comparável ao PE, reforçando seu potencial como alternativa mais sustentável. Entretanto, ainda é necessário o desenvolvimento de formulações que equilibrem desempenho mecânico, estabilidade e biodegradabilidade, a fim de ampliar sua viabilidade prática no contexto agrícola.

#### **3.6.4 Principais propriedades, aplicações e vantagens dos materiais aplicados em filmes de mulching**

A tabela 2 a seguir apresenta os principais materiais utilizados como filmes de mulching, suas propriedades, vantagens, limitações e aplicações nesse setor. Nota-se que o PEBD se consolidou como o principal polímero para ser utilizado no cultivo de grãos devido à sua elevada resistência e baixo custo. Entretanto sua hidrofobicidade e elevada massa molar dificultam o processo de degradação, além da liberação de outros resíduos como microplásticos, que comprometem a sustentabilidade do solo.

Por outro lado, os materiais alternativos ao PE, como o bioplástico preparado através do amido, as blendas de PBAT/PLA e o Agrobiofilm apresentam a propriedade de biodegradação desejada,

com certas limitações dependendo do material presente, o que pode retardar até certo ponto a biodegradação, como o caso das blendas de PBAT/PLA. Entretanto, esses materiais além da capacidade de biodegradação, têm apresentado desempenho mecânico comparável ao PEBD convencional, o que têm atraído a atenção para sua utilização como filmes mulching no cultivo de diversos alimentos.

**Tabela 2** - Materiais, propriedades, vantagens, limitações e aplicações de cada filme mulching.

Material	Propriedades	Vantagens	Limitações	Aplicações
Poliétileno de baixa densidade (PEBD)	Hidrofóbico, alta massa molar, alta resistência mecânica.	Baixo custo e excelente controle de plantas daninhas (preto).	Não biodegradável; gera microplásticos e custos de remoção.	Uso geral em hortaliças e grãos.
Mater-Bi® (Agrobiofilm)	Termoplástico de copolíster; diferentes grades (ex: EF04P e EF08P).	Biodegradável e compostável; produtividade comparável ao PEBD.	Requer ajuste de espessura conforme a região/clima.	Morango, melão, pimentão, videira.
Bioplástico de Amido	Fonte de carbono para microrganismos; alta taxa de biodegradação.	Elevada eficiência de degradação; bom controle térmico e de umidade.	Estabilidade química limitada e degradação rápida.	Milho e hortaliças de ciclo curto.
Blendas de (PBAT/PLA)	Propriedades mecânicas similares ao PE; maior permeabilidade à água.	Alternativa ecológica com alto rendimento e frutificação precoce.	Deterioração precoce (trincas); biodegradação mais lenta se houver muito PLA.	Videiras e tomates.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 2 ilustra os principais mecanismos de degradação dos filmes mulching no solo. A primeira etapa trata-se da fragmentação por fatores abióticos dos filmes pela exposição aos raios ultravioleta (UV) e ações mecânicas que envolvem a quebra de ligações covalentes na cadeia principal do polímero e formam pequenos fragmentos denominados como microplásticos e resíduos, que neste caso representam uma fase transitória (Silva *et al.*, 2023). A próxima etapa trata-se dos mecanismos de biodegradação no solo, em que bactérias e fungos irão atuar digerindo esses filmes através de processos enzimáticos (Alves *et al.*, 2022). Vale destacar que para um material ser considerado biodegradável, este deve apresentar uma taxa de pelo menos 90% de biodegradação em até 24 meses (Campanale *et al.*, 2024). O último estágio é associado ao processo de mineralização de tais materiais, que irão gerar produtos como gás carbônico (CO<sub>2</sub>), água, biomassa e, dependendo da composição do filme, nitrogênio, fósforo e potássio que atuarão como fontes de nutrientes para o solo (Sander, 2019).

Figura 2 - Principais filmes mulching e seus mecanismos de atuação no solo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

## 5 CONCLUSÃO

O uso de filmes plásticos na agricultura já é uma prática bem estabelecida para aumentar a produtividade e melhorar as condições do solo. No entanto, o predomínio do (PEBD) tem gerado preocupações ambientais significativas, principalmente devido à sua baixa degradabilidade e ao acúmulo de resíduos no solo, o que reforça a necessidade de alternativas mais sustentáveis.

A revisão bibliográfica realizada evidenciou que diferentes formulações de filmes biodegradáveis, como Mater-Bi®, materiais à base de amido e misturas de PLA/PBAT, apresentam desempenho agrônomo semelhante ao do PEBD, sendo capazes de manter a umidade do solo, reduzir plantas invasoras e preservar a produtividade agrícola. No entanto, essa similaridade de desempenho não garante, por si só, a viabilidade prática desses materiais em larga escala.

Nesse sentido, alguns desafios ainda precisam ser considerados. A menor durabilidade e a degradação precoce, podem comprometer a eficiência dos filmes ao longo de todo o ciclo produtivo. Além disso, a dificuldade em controlar a taxa de biodegradação em diferentes condições ambientais representa uma limitação importante para sua aplicação. Soma-se a isso a maior permeabilidade ao vapor de água observada em alguns materiais, que pode favorecer perdas hídricas em determinadas situações, e a escassez de estudos que avaliem de forma detalhada os custos envolvidos, o que dificulta uma análise mais completa de viabilidade em comparação ao PEBD.

Dessa forma, embora os filmes biodegradáveis apresentem potencial como alternativas mais sustentáveis, sua adoção ainda depende de avanços que permitam equilibrar durabilidade, desempenho

mecânico e degradação controlada, além da necessidade de avaliações econômicas mais aprofundadas. Assim, a substituição do PEBD por esses materiais não acontece de forma imediata, mas sim de maneira gradual, dependendo de avanços tecnológicos e da viabilidade de aplicação em campo.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”

## REFERÊNCIAS

AI, J. *et al.* Biodegradable PBAT/PPC-P blown film with enhanced mechanical and barrier performances via in-situ reaction compatibilization. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, [s. l.], v. 198, 109147, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2025.109147>.

ALVES, L. R. *et al.* Aplicações de enzimas em poliuretano: uma revisão das dissertações e teses brasileiras. **Disciplinarum Scientia | Naturais e Tecnológicas**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 99-112, 2022. DOI: <https://doi.org/10.37779/nt.v23i2.4313>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM (ABRE). **Consumo per capita de embalagens plásticas flexíveis cresce no Brasil em 2023**. São Paulo: ABRE, 2024. Disponível em: <https://www.abre.org.br>. Acesso em: 12 ago. 2025.

BARAGATTI, W. P. *et al.* Estudo de mercado através da análise SWOT e estratégia de precificação para desenvolvimento de um novo implemento agrícola para aplicação de mulching. **Revista Campo da História**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 18-41, 2021.

BARROS, J. A. S.; CAVALCANTE, M. O uso do mulching no cultivo de alface: uma revisão de literatura. **Revista Diversitas**, [s. l.], v. 4, p. 3796-3810, 2021.

BOZZOLO, A. *et al.* Living mulches, crimped cover crops, and plastic mulch influence on soil health, weed suppression, and yield in organic globe artichoke systems. **European Journal of Agronomy**, [s. l.], v. 170, p. 127759, 2025.

CAIXETA, G. L. S. B. Cobertura morta com polietileno e fontes de fertilizantes em cafeeiros: efeitos sobre o teor de clorofila, produtividade e qualidade da bebida. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 14, p. e290111435993, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.35993>.

CAMPANALE, C. *et al.* A critical review of biodegradable plastic mulch films in agriculture: definitions, scientific background and potential impacts. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, [s. l.], v. 170, p. 117391, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117391>.

- CARNEIRO, B. *et al.* Biodegradable microplastics from agricultural mulch films: implications for plant growth-promoting bacteria and plant's oxidative stress. **Antioxidants**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 230, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox14020230>.
- GAO, H. *et al.* Biodegradable mulch films support root proliferation and yield in water-saving rice production. **Journal of Integrative Agriculture**, [s. l.], 2025. (No prelo).
- GHATGE, S. *et al.* Biodegradação de polietileno: uma breve revisão. **Applied Biological Chemistry**, [s. l.], v. 63, p. 27, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00511-3>.
- HU, Y. *et al.* Black plastic film combined with straw mulching delays senescence and increases summer maize yield in northwest China. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 231, p. 106031, 2020.
- HUANG, T. *et al.* Effects of plastic film mulching on yield, water use efficiency, and nitrogen use efficiency of different crops in China: a meta-analysis. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 312, p. 109407, 2024.
- HUANG, Y. *et al.* Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 260, p. 114096, 2020.
- LI, S. *et al.* Macro- and microplastic accumulation in soil after 32 years of plastic film mulching. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 300, p. 118945, 2022.
- LIANG, R. *et al.* Effects of mulches on greenhouse gas emissions and soil microbial communities in cabbage production. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], p. 138895, 2025.
- LIN, N. *et al.* Black biodegradable mulching increases grain yield and net return while decreasing carbon footprint in rain-fed conditions of the Loess Plateau. **Field Crops Research**, [s. l.], v. 318, p. 109590, 2024.
- LIU, M. *et al.* Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 242, p. 855-862, 2018.
- MADRID, B. *et al.* Opções de gestão de fim de vida para filmes de cobertura agrícola nos Estados Unidos: uma revisão. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, [s. l.], v. 6, e921496, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.921496>.
- MANSOOR, Z. *et al.* Polymers use as mulch films in agriculture: a review of history, problems and current trends. **Polymers**, [s. l.], v. 14, n. 23, p. 5062, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym14235062>.
- MORRA, L. *et al.* New Mater-Bi, biodegradable mulching film for strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.): effects on film duration, crop yields, qualitative, and nutraceutical traits of fruits. **Plants**, [s. l.], v. 11, n. 13, p. 1726, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11131726>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **População mundial chegará a 9,9 bilhões em 2054**. [S. l.]: ONU News, 2024. Disponível em: <https://news.un.org>. Acesso em: 12 ago. 2025.

RAZZA, F.; GUERRINI, S.; IMPALLARI, F. M. How sustainable biodegradable and renewable mulch films are? A quantitative approach in the light of sustainable development goals. **Acta Horticulturae**, [s. l.], n. 1252, p. 65-72, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1252.10>.

SANDER, M. Biodegradation of polymeric mulch films in agricultural soils: concepts, knowledge gaps, and future research directions. **Environmental Science & Technology**, [s. l.], v. 53, n. 5, p. 2304-2315, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b05208>.

SERRANO, R. H.; MARTIN-CLOSAS, L.; PELACHO, A. M. Coberturas plásticas biodegradáveis: impacto no ambiente biótico agrícola. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 750, 141228, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141228>.

SHIN, H. *et al.* PBAT/PGA blend films for sustainable packaging: effect of PGA on physicochemical and morphological changes during abiotic degradation. **Food Packaging and Shelf Life**, [s. l.], v. 51, 101589, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2025.101589>.

SILVA, B. K. S. *et al.* Uso do mulching e seus efeitos no desenvolvimento de plantas de interesse econômico: uma revisão narrativa. In: **Agronegócio e Sustentabilidade: métodos, técnicas, inovação e gestão**. [S. l.: s. n.], 2021. p. 68-77.

SILVA, R. R. A. *et al.* Biodegradation of polymers: stages, measurement, standards and prospects. **Macromol**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 371-399, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/macromol3020023>.

SILVEX; BIOBAG; ICSE. **Agrobiofilm**: compostable films for agriculture. [S. l.]: Agrobiofilm Project, 2013.

TOUCHALEAUME, F. *et al.* Performance and environmental impact of biodegradable polymers as agricultural mulching films. **Chemosphere**, [s. l.], v. 144, p. 433-439, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.09.006>.

WANG, C. *et al.* Sub-soil biodegradable film mulching: a sustainable solution for enhancing winter wheat yield and shaping soil microbial communities in saline-alkali soils. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], p. 139020, 2025.

WANG, M. *et al.* A review on the application of starch in biodegradable mulch films. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 320, n. 3, p. 145915, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.145915>.

YANG, C. *et al.* Optimizing mulching strategies in cotton fields: balancing soil environmental impact and productivity. **Field Crops Research**, [s. l.], p. 110052, 2025.