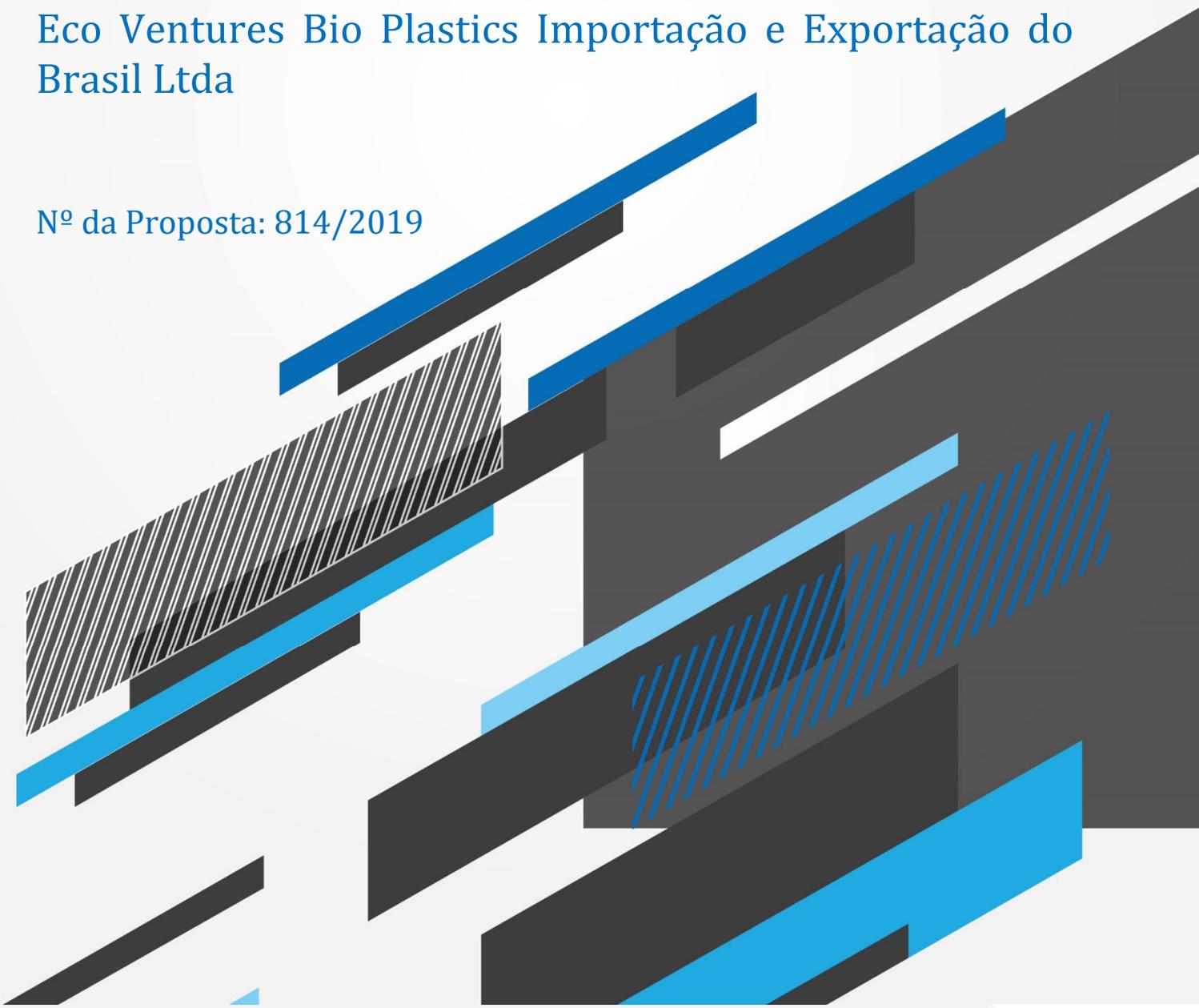


Relatório Final

Avaliação do comportamento de degradação biótica e abiótica de matrizes poliméricas oriundas de fontes fósseis

Eco Ventures Bio Plastics Importação e Exportação do Brasil Ltda

Nº da Proposta: 814/2019



SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------|---|
| 1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 2. METODOLOGIA | 4 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 5 |
| 4. CONCLUSÕES | 6 |
| 5. RECURSOS HUMANOS..... | 8 |

1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal do projeto é o de realizar um estudo de degradação abiótica e biótica de produtos poliméricos acabados conformados com catalisador oxidativo P-life® para facilitar a biodegradabilidade destes, e em caráter inédito, experimental e pioneiro utilizando produtos acabados ao invés da forma prevista nas normas referências que citam o uso de filmes poliméricos ou das amostras em pó.

Conforme proposta técnica 814/19 o projeto foi constituído por quatro etapas:

Etapa I – Caracterização dos Produtos

Etapa II – Degradação Abiótica

Etapa III – Degradação Biótica

Etapa IV – Estudo Potencial de Toxicidade

Foram ensaiadas as seguintes amostras:

| Amostra | % Catalisador oxidativo | | Tipo de catalisador oxidativo |
|---------------------------|-------------------------|---------|-------------------------------|
| | Biodegradável | P-life® | |
| Bandeja de EPS | 0 | | SMC 2360-PSBF |
| Bandeja de EPS | 1 | | SMC 2360-PSBF |
| Bandeja de EPS | 2 | | SMC 2360-PSBF |
| Pratos PS | 0 | | SMC2360-PCP |
| Pratos PS | 1 | | SMC2360-PCP |
| Pratos PS | 2 | | SMC2360-PCP |
| Copo PP | 0 | | SMC2360-100CPP |
| Copo PP | 1 | | SMC2360-100CPP |
| Copo PP | 2 | | SMC2360-100CPP |
| Filme base PE | 0 | | SMC2360-50 |
| Filme base PE | 1 | | SMC2360-50 |
| Filme base PE | 2 | | SMC2360-50 |
| Filme Capa PE | 0 | | SMC2360-50 |
| Filme Capa PE | 1 | | SMC2360-50 |
| Filme Capa PE | 2 | | SMC2360-50 |
| Saco Ração Multicamada PE | 0 | | SMC2360-50 |
| Saco Ração Multicamada PE | 1 | | SMC2360-50 |
| Saco Ração Multicamada PE | 2 | | SMC2360-50 |

Tabela 1 – Amostras em Estudo

Este relatório dispõe de forma compilada os resultados apresentados nos relatórios parciais entregues para cada etapa do estudo.

2. METODOLOGIA

A Etapa I que compreendeu a caracterização dos produtos foi realizada utilizando as seguintes técnicas: DSC (Calorimetria exploratória diferencial), teor de metais via ICP-OES e Carbono Total e Carbono Orgânico Total via combustão a alta temperatura. Através destas análises é possível comprovar o polímero informado, a disponibilidade de Carbono Orgânico nas amostras e assegurar que os teores de metais atendam os limites dispostos na norma BS EN 13432:2000 - Packaging —Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation —Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.

Na Etapa II a degradação abiótica foi realizada através da exposição das amostras à luz ultravioleta. O ensaio de exposição a luz fluorescente foi realizado em equipamento Q-Panel utilizando-se os parâmetros abaixo por um período de 240 horas:

- Lâmpadas UV-A (340nm);
- Irradiância: 0,89 W/m²/nm;
- Temperatura do Black Panel: 60°C;
- Ciclo: luz constante (240 horas).

Após o término do período de exposição as amostras foram retiradas da câmara, avaliadas visualmente e submetidas ao ensaio de tração.

A Etapa III prevê o uso das normas BS EN 13432:2000, ASTM D6954-04 e ISO 17556:2019 para determinação do dióxido de carbono liberado pelas amostras nas condições de ensaio. Como o estudo se propôs a avaliar a degradação biótica de produtos acabados, fato não previsto nas metodologias referência, a abordagem necessitou ser adequada a este cenário.

Foram propostas novas rotas analíticas construindo assim alternativas a validação da degradação biótica nas amostras em teste. Na proposição os testes elencados foram:

- Microscopia de Superfície para comparação entre amostra original e amostra incubada nos prazos de 12-18-24 meses;
- Análise de metais totais no substrato em contato com as amostras nos prazos de 12-18-24 meses de incubação;

- Análise de TOC (Carbono Orgânico Total) no substrato em contato com as amostras nos prazos de 12-18-24 meses de incubação;
- Análise de SEC (Cromatografia por Exclusão de Tamanho) nas amostras com resultados positivos nos testes anteriores.

A Etapa IV trata sobre os testes de toxicidade do substrato que esteve em contato pelo período de 24 meses com as amostras em teste. Como o teste esteve em contato com solo, foi conduzido o teste de toxicidade terrestre verificando os efeitos sobre a germinação de sementes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de caracterização da Etapa I permitiram comprovar a presença dos polímeros informados nas amostras bem como a disponibilidade de carbono sob forma orgânica e atendimento aos limites de metais citados na norma BS EN 13432:2000.

Na etapa de degradação abiótica sob exposição a QUV as amostras “Prato PS, Copo PP, Filme Base PE, Filme Capa PE e Multicamada PE” nas apresentações sem catalisador oxidativo, contendo 1% e 2% de catalisador oxidativo foram totalmente fragmentadas durante o ensaio. A amostra “Bandeja EPS” apresentou diminuição nos ensaios de resistência a tração nas apresentações sem catalisador oxidativo, contendo 1% e 2% de catalisador oxidativo.

Na etapa de degradação biótica os resultados obtidos nas análises de microscopia nas três etapas de análise (12-18-24 meses de incubação no solo) não apresentaram distinção significativa das amostras sem catalisador oxidativo em comparação as amostras com 1 e 2 % de catalisador oxidativo na magnificação de 40x.

Os resultados de metais encontrados nas três etapas estão de acordo com o estabelecido na norma EN 13432:2000, com isto pode-se afirmar que não houve migração das amostras para o substrato.

Na determinação de Carbono Orgânico Total as amostras “Base PE, Copo PP e Prato PS” contendo 2% de catalisador oxidativo apresentaram aumento de valor após 24 meses de incubação. As demais amostras mantiveram os teores quantificados durante o período avaliado. As três amostras - “Base PE, Copo PP e Prato PS” - foram submetidas a análise de Cromatografia por Exclusão de Tamanho (SEC) para verificação da massa molar na amostra sem incubação versus a amostra incubada por 24 meses. De acordo com as análises de SEC,

de maneira geral as amostras apresentam diferenças em relação ao antes e depois da permanência em solo, tanto em relação às massas molares médias, quanto à distribuição de massas molares.

Na etapa de toxicidade, todas as amostras apresentaram alongamento de raízes sendo demonstrado que o substrato estudado não influenciou o processo de germinação das sementes. Comparado ao padrão de testes todas as amostras apresentaram germinação e alongamento das raízes na mesma proporção apresentada no padrão.

4. CONCLUSÕES

O estudo aqui apresentado visou verificar se as condições estabelecidas nas normas ASTM D 6954:2018 e ISO 17556:2019 seriam aplicáveis a produtos acabados e já conformados contendo distintas concentrações do catalisador oxidativo P-life® reconhecidamente biodegradável na forma de aplicação constante nas normas referência.

Na fase abiótica os produtos sem catalisador oxidativo e, contendo distintas concentrações de catalisador oxidativo P-life® apresentaram degradação.

Na fase biótica não foi possível aplicação da norma ISO 17556:2019 devido as diferenças na espessura do material em teste, já que a norma se refere a materiais na forma de filme. O produto conformado tal qual disposto no mercado possui características diferenciadas que torna com que a velocidade das etapas de degradação biótica ocorra de maneira distinta das observadas em filmes, especialmente no que tange a espessura de material. Por esta razão optou-se por verificar indícios de biodegradabilidade dos produtos acabados através de outras técnicas exploratórias, sendo que nestas, em especial os resultados de Carbono Orgânico Total e Massa Molar forneceram evidências que o catalisador oxidativo P-life® acelerou os processos de biodeteorização dos produtos acabados.

Na fase do estudo de toxicidade foram observados germinação e alongamento de raízes nas sementes expostas ao sobrenadante dos substratos onde as amostras estiveram em contato pelo período de 24 meses.

Com os resultados obtidos pode-se declarar que não houve migração de metais para o substrato fato comprovado pela presença de germinação e alongamento de raízes das sementes.

Considerando as etapas estudadas e apresentadas neste documento conclui-se que as amostras submetidas aos ensaios e declaradas na tabela 1 apresentaram degradação abiótica, forneceram evidências de aceleração do processo de biodeteorização e os substratos que mantiveram contato com estas por 24 meses não apresentaram toxicidade possibilitando germinação e alongamento de raízes em sementes de *Lactuca sativa*.

5. RECURSOS HUMANOS

Responsável Técnico do Projeto

Nome: Camila Costa Petroleo

Cargo: Analista de Laboratório

Email: camila.petroleo@sp.senai.br

Telefone: 11 4344-5053

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2630179793005734>

Linkedin: [linkedin.com/in/camila-petroleo-6ba410163](https://www.linkedin.com/in/camila-petroleo-6ba410163)

EQUIPE GESTORA

Bianca Masumoto Costa

Responsável Técnico Comercial

bianca.costa@sp.senai.br

Camila de Paula dos Santos Granusso

Responsável Técnico Comercial

camila.granusso@sp.senai.br

Felipe Martini Pantaleão

Gestor do Projeto

felipe.pantaleao@sp.senai.br

Orlando Miguel da Silva

Gestor do Projeto

orlando.miguel@sp.senai.br

Catia Cristina Guzela

Coordenadora do Instituto

catia.guzela@sp.senai.br

Gustavo Spina Gaudencio de Almeida

Coordenador do Instituto

[galmeida@sp.senai.br](mailto:g Almeida@sp.senai.br)

Anderson Maia

Coordenador de Mercado e Marketing

anderson.maia@sp.senai.br

São Bernardo do Campo, 05 de abril de 2023.



Camila Costa Petroleo
Responsável Técnico do Projeto



Catia Cristina Guzela
Coordenador Técnico

INSTITUTO SENAI
DE INOVAÇÃO **MATERIAIS AVANÇADOS**

INSTITUTO SENAI
DE TECNOLOGIA **MEIO AMBIENTE**

Av. José Odorizzi, 1555 | Bairro Assunção | São Bernardo do Campo | SP
09861-000 | 114344-5000 | marioamato.sp.senai.br

