



Fundação Oswaldo Aranha
Centro Universitário de Volta Redonda
Mestrado Profissional em Materiais



DESENVOLVIMENTO DE ECOBARREIRA MANUFATURADAS VIA INJEÇÃO DE POLIETILENO RECICLADO

JOÃO VITOR ALVES SANTIAGO

ORIENTADORA: **Dra. Cirlene Fourquet Bandeira**

VOLTA REDONDA
Junho - 2025

1



Fundação Oswaldo Aranha
Centro Universitário de Volta Redonda
Mestrado Profissional em Materiais



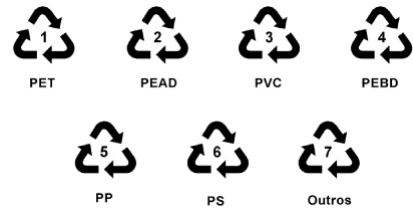
ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO:

1. INTRODUÇÃO
2. OBJETIVOS
3. JUSTIFICATIVA
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
5. MATERIAIS E MÉTODOS
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES
7. CONCLUSÕES

2

1. INTRODUÇÃO:

- ☞ Mundo ➡ 430 milhões de toneladas de plásticos
- ☞ Produtos de curta duração ➡ 287 milhões de toneladas
- ☞ Brasil ➡ 6,7 milhões de toneladas
- ☞ 2050 ➡ 1,1 bilhões de toneladas até 2050
- ☞ Descarte ➡ incorreto cursos d'água
- ☞ Ecobarreiras
- ☞ PEAD, PEBD, PET e PP



3

2. OBJETIVOS:

Geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver cabos de amarração para uma ecobarreira, com materiais recicláveis via processo de injeção.



Fonte: A Hora (2022).

4

Específico

- Reintroduzir o material polimérico descartado novamente no ciclo produtivo;
- Avaliar se o material fiado é adequado para construção da ecobarreira;
- Determinar um processo de injeção adequado as necessidades do processo.

5

3. JUSTIFICATIVA:

O trabalho se justifica nos âmbitos:

- Ambiental ➡ reduz o impacto ambiental.
- Científico ➡ desenvolve mão-de-obra especializada no processo de injeção.
- Econômico ➡ fonte de renda para a população mais pobre do entorno do Rio Paraíba do Sul.

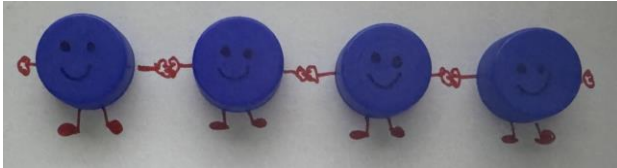


Fonte: Jornal Contexto, 2024

6

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

Polímeros



Fonte: Compostos (2022).

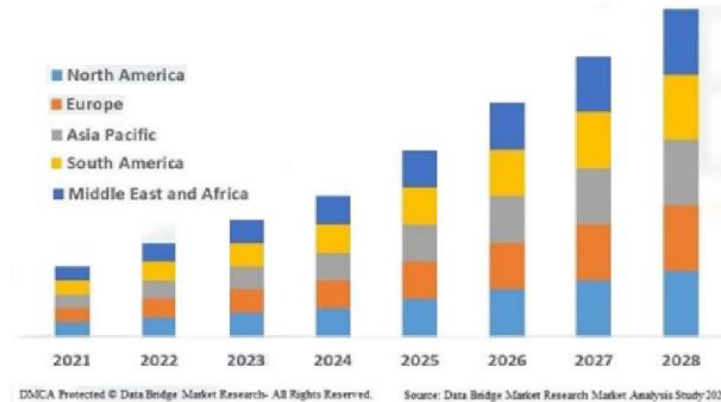
7

Polímeros termoplásticos e termorrígidos

- **Termoplásticos**, são materiais que podem sofrer processos de aquecimento e resfriamentos múltiplos sem, de forma geral, perderem suas características.
- **Termorrígidos**, formam ligações cruzadas após o primeiro aquecimento, o que impossibilita novas fusões.

8

Mercado dos polímeros no Brasil e no mundo



Fonte: Adaptado de: PLÁSTICO NEWS.ORG (2022).

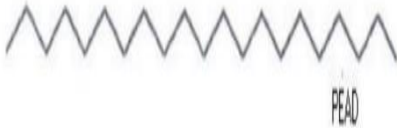
9

Polietileno

- Polietileno de Baixa Densidade (PEBD);
- Polietileno de alta densidade (PEAD);
- Polietileno linear de baixa densidade (PELBD);
- Polietileno de ultra alto peso molecular (PEUAPM);
- Polietileno de ultrabaixa densidade (PEUBD).

10

Polietileno de Alta Densidade (PEAD)



Fonte: SILVA (2024) Adaptado de WOLF (2004)

Propriedades	Valores
Densidade (g.cm ⁻³)	0,94-0,97
Grau de cristalinidade (% relativo à densidade)	62-82
Grau de cristalinidade (% relativo à calorimetria)	55-77
Módulo de flexão (MPa @ 23 °C)	1000-1550
Módulo de tração (MPa)	1060-1380
Tensão de escoamento (MPa)	18-31
Tensão de ruptura (MPa)	22-31
Alongamento à ruptura (%)	10-1500
Dureza Shore D	66-73
Resistência ao impacto Izod ((ft-lb).in. ⁻¹ de entalhe)	0,4-4,0
Temperatura de fusão (°C)	125-132
Calor de fusão (cal.g ⁻¹)	38-53

Fonte: SILVA (2024) Adaptado de WOLF (2004)

11

Impactos Ambientais

Contaminação de solos, ar e fontes hídricas.

A ONU (2024), em conjunto com a *International Solid Waste Association* (ISWA) (2024) prevê que a geração de lixo chegue a:

3,8 Bilhões de toneladas em 2050



Fonte: Saneamento em pauta, (2022). 12

Reciclagem

- 9% dos resíduos são reciclados de acordo com a ONG norte-americana Center for Climate Integrity (2023).
- 4% dos resíduos são reciclados de acordo com a ABRELPE (2022). Deste, apenas 1,3% são plásticos.



Fonte: Termoplasticos, Zurich (2017)

13

Ecobarreiras

As ecobarreiras, são estruturas montadas de forma à flutuarem na calha transversal dos córregos e rios, visando impedir a passagem de resíduos sólidos carregados por esses corpos d'água.

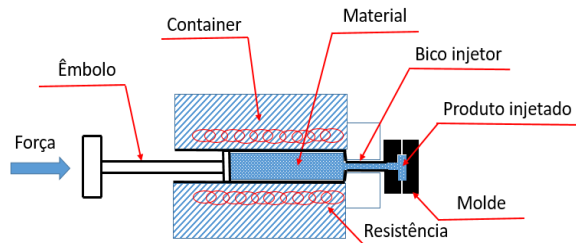


Fonte: Adaptado de TRASHIN (2024).

14

Processo de injeção

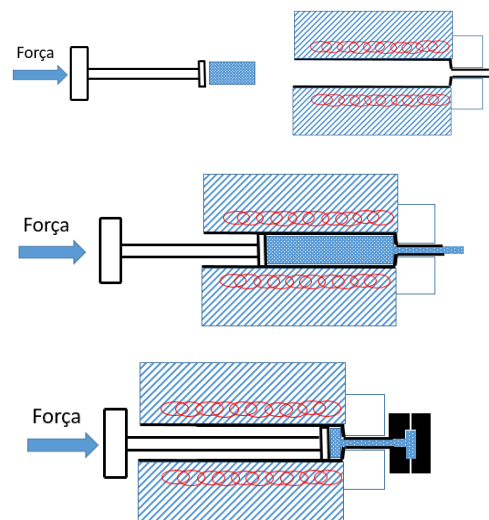
O processo de injeção, em materiais termoplásticos, consiste, basicamente, em forçar um material fundido ou viscoso, através de uma matriz, de modo a se obter uma forma desejada ou para o interior de um molde com a mesma finalidade.



15

Este processo pode ser dividido, basicamente em três etapas:

- Alimentação – a matéria-prima é inserida na injetora, na forma de *pellets*, pó ou em tarugos.
- Derretimento – no interior da injetora, a matéria-prima é submetida a calor e pressão adequados ao processo.
- Forma final – a matéria-prima é forçada através do bico injetor, de modo a adquirir a forma desejada ou dosada e injetada no interior de um molde previamente fechado.



16

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os polímeros (Polietileno de alta densidade - PEAD e Politereftalato de etileno - PET) foram coletados nas ruas de Volta Redonda, sendo selecionados para adequação ao processo mediante sua simbologia.



Fonte: Valora, (2025).

17

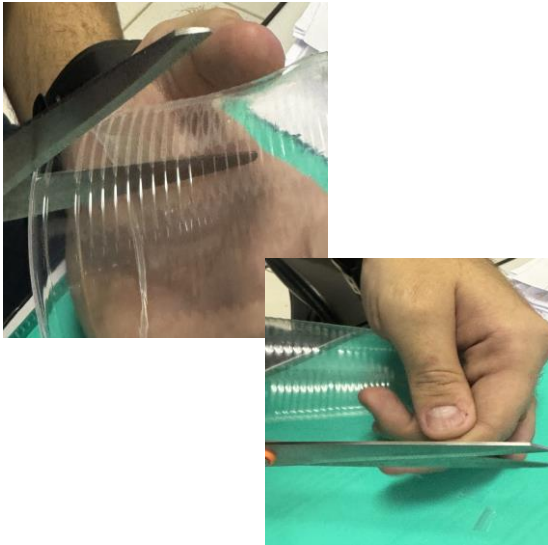
Métodos

Coleta e preparação do material para reciclagem

Simbologia de polímeros.



18



19

Termogravimetria (TGA)

Os ensaios foram feitos de acordo com as seguintes especificações:

- Massa de aproximadamente 10 mg,
- Taxa de aquecimento de $10^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$,
- Faixa de temperatura de 30°C a 800°C ,
- Atmosfera de nitrogênio,
- Fluxo de nitrogênio de $20\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$.



20

Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

As análises foram feitas em um DSC da PerkinElmer Ltda Modelo DSC 7

Os ensaios foram realizados sob as seguintes condições:

- Taxa de $10^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$,
- Faixa de 30°C a 350°C ,
- Fluxo constante de nitrogênio ($20 \text{ mL}.\text{min}^{-1}$)
- Porta amostras de alumínio para sólidos.
- Massa de, aproximadamente, 10 mg.



21

Espectrometria de Absorção na Região do Infravermelho (FT-IR)

- FT-IR - Spectrum One;
- UATR (*Universal Attenuated Total Reflectance*);
- Célula de seleneto de zinco;
- Torque de 200N;
- Faixa do infravermelho médio (MIR) (4.000 a 550 cm^{-1});
- Ganho de 1;
- Resolução de 4 cm^{-1} ;
- 20 varreduras;
- Velocidade de $0,2 \text{ cm}.\text{s}^{-1}$.



22

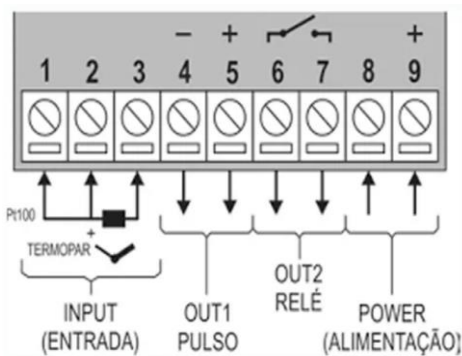
Montagem do Sistema de Injeção Manual

A caixa foi adaptada para encaixar o sistema de controle de temperatura e para permitir a passagem dos fios de energia, controles de termopar e resistência.



23

Sistema de cabeamento do sistema de controle de temperatura e ligações eletrônicas.



24

Além disso, a resistência foi enrolado em torno do corpo da seringa para garantir que o sistema fique aquecido e o termopar colocado de forma a ler a temperatura do sistema.



25



Para isolar o sistema, foi utilizado fita térmica de teflon adesiva de 15mm resistente a alta temperatura da marca Wylie.

26

Após o sistema pronto, as temperaturas foram ajustadas e o sistema ficou operante.

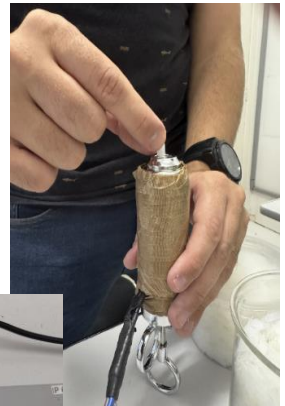


27

Injeção do PEAD

O material coletado, limpo e picotado foi inserido na boca superior do recipiente e o bico injetor, foi então, acoplado.

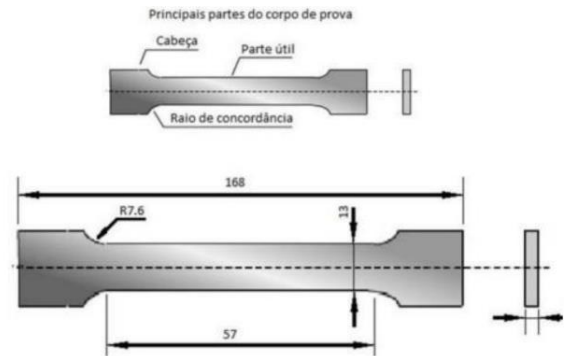
Posteriormente, o conjunto foi aquecido a uma temperatura superior a de fusão mas inferior a temperatura de degradação do PEAD (200 °C) para garantir que o material fundisse.



28

Ensaio à tração

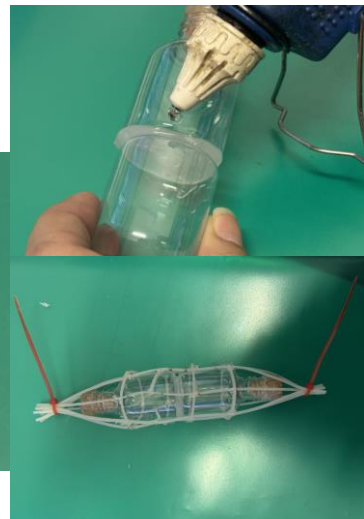
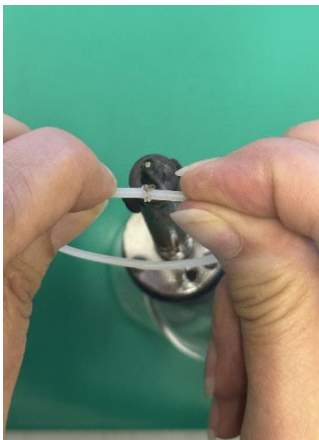
- Máquina de Ensaio DL-2000 da EMIC;
- Velocidade de $1,4 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$;
- Célula de carga com capacidade de 5 kgf;
- De acordo com a norma ASTM D 638;



Fonte: SILVA (2024)

29

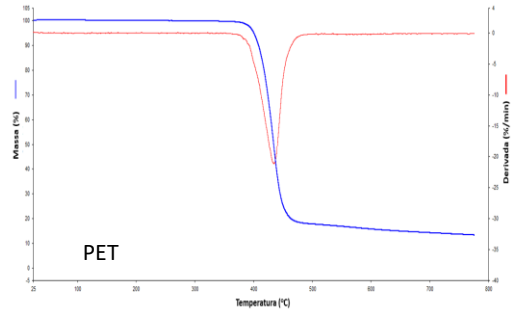
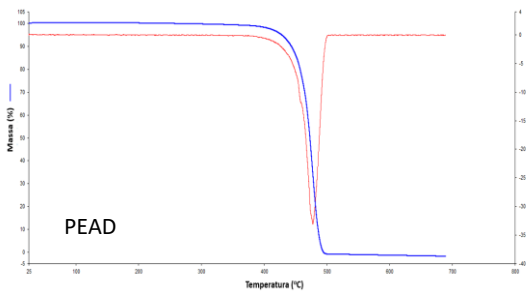
Manufatura da Rede Externa da Ecobarreira



30

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Termogravimetria (TGA)



Para os ensaios do PET feitos no TGA, assim como os de PEAD, a curva de termogravimetria e a da derivada, apresentam um único evento, sendo indicativos de material puro e sua temperatura de degradação (~381 °C).

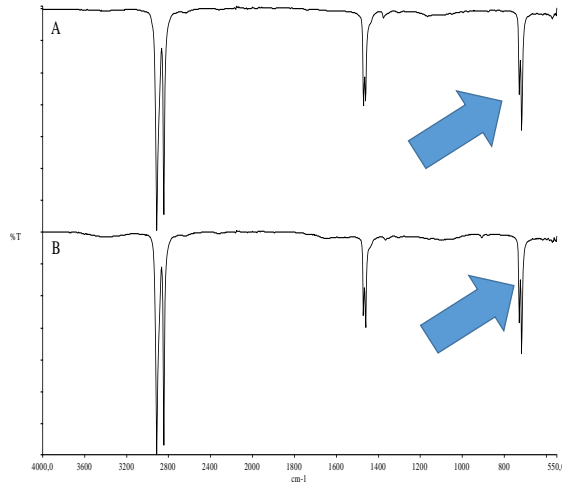
31

Ensaio de DSC

Polímero	Tonset (°C)	Tendset (°C)	ΔH (J.g ⁻¹)
PET	237,5	255,9	24,5
PEAD	124,6	142,1	125,1

32

Ensaio de FT-IR



33

Obtenção dos Filamentos de PEAD Reutilizados

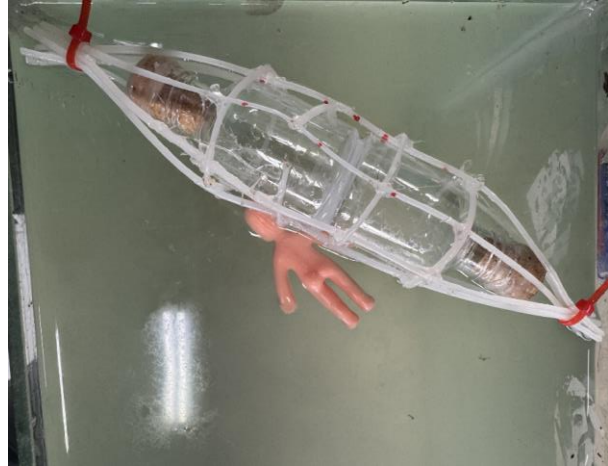


Os filamentos foram obtidos mediante aquecimento do sistema, obtendo-se fios de, aproximadamente, 2 mm de espessura e 20 cm de comprimento que foi esfriado ao ar.

34

Montagem da Ecobarreira

A ecobarreira foi manufaturada e sua flutuabilidade e capacidade de retenção testada em escala, em um aquário, demonstrando grande potencial de utilização.



35

Resistência à Tração

- O PEAD virgem apresentou uma tensão de escoamento média de $9,72 \pm 0,14$ MPa ligeiramente superior ao PEAD reciclado que tem tensão de escoamento média de $9,26 \pm 0,32$ MPa.
- A força máxima de tração do PEAD reciclado (18,23 MPa) é ligeiramente superior à do PEAD virgem (17,66 MPa). ➔ **Abaixo da literatura (25-35 MPa)**
- O módulo elástico, do PEAD virgem (156,3 MPa) é bem maior que o do PEAD reciclado (130,3 MPa).

36



7. CONCLUSÕES:

Conclui-se que:

- O polietileno de alta densidade apresenta temperatura de fusão menor que o PET, sendo, conseqüentemente, mais fácil de fundir e de trabalhar na injetora, e temperatura de degradação acima da do polietileno tereftalato;
- De acordo com os ensaios de FT-IR, DSC e TGA é possível afirmar que o material utilizado é PEAD puro sem adições;
- Foi possível a obtenção de filamentos com espessura adequada a montagem de um protótipo de ecobarreira;

37



- Foi possível unir os filamentos com solda a quente para obtenção da rede que encapsulou os recipientes responsáveis pela flutuabilidade do sistema;
- A resistência à tração do PEAD reciclado, apresentou valores próximos ao do PEAD puro que caracterizam um material com boa resistência mecânica, leveza e flutuabilidade, sendo uma alternativa viável para a construção de ecobarreiras;
- Foi possível reintroduzir o material reciclado novamente no ciclo produtivo.

38



Fundação Oswaldo Aranha
Centro Universitário de Volta Redonda
Mestrado Profissional em Materiais



Muito Obrigado!