

BRAIDPET

André Luiz Alves

Nicole Gurgel

Rafael Monirido de Souza Melo

Prof. Esp. Lucas Pataro Fernandes

ENIAC

Resumo

O projeto **BraidPet** tem como finalidade criar um dispositivo capaz de reutilizar garrafas PET, transformando-as em guias para cães por meio do processo de filetagem e posterior trançado do material. Este artigo apresenta a metodologia adotada, que contemplou a construção de um filetador, a extrusão do PET e a aplicação da chamada “Lei das Tranças” como forma de garantir maior resistência ao produto final. Foram realizados ensaios de tração em cordas navais a fim de estabelecer comparações de desempenho e os resultados preliminares indicam que o PET trançado possui resistência suficiente, podendo inclusive superá-la em alguns casos. Além da proposta técnica, o trabalho busca estimular a conscientização acerca da economia circular e da mitigação dos impactos ambientais. As etapas seguintes englobam o aperfeiçoamento do protótipo e a execução dos testes finais.

Palavras-chave: PET. FILETAGEM. TRANÇADO MECÂNICO. ENSAIO DE TRAÇÃO.

Introdução

A procura por alternativas sustentáveis para o reaproveitamento de resíduos plásticos, como o politereftalato de etileno (PET), tem se intensificado diante do elevado volume de descarte. O PET está entre os polímeros mais consumidos atualmente, figurando como um dos principais focos de iniciativas de reciclagem, já que tanto sua produção quanto seu descarte acarretam impactos ambientais relevantes (BRASIL ESCOLA, 2009).

O aumento da preocupação ambiental tem estimulado a criação de soluções inovadoras para a reutilização de plásticos descartados. Pesquisas apontam que a reciclagem do PET exerce papel essencial na diminuição de danos ambientais, sobretudo porque grande parte desse material poderia ser reintroduzida em cadeias produtivas, como na fabricação de fibras têxteis e novas embalagens (ABIPET, 2021).

Além dos efeitos terrestres, diversos estudos demonstram que os resíduos plásticos também representam sérias ameaças aos ambientes aquáticos. Os microplásticos, oriundos da fragmentação de peças maiores, são ingeridos por organismos marinhos, acumulam substâncias tóxicas e comprometem toda a cadeia alimentar (BRASIL ESCOLA, 2023). No Brasil estimativas apontam que cerca de 13% dos animais encontrados mortos em praias tiveram contato direto com plásticos, evidenciando a gravidade da poluição oceânica (ECODEBATE, 2022). Outro levantamento indica que mais de duzentas espécies marinhas já ingeriram partículas plásticas, colocando em risco a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas (OCEANA, 2023).

Diante desse contexto, o **BraidPet** propõe transformar resíduos plásticos em materiais úteis e resistentes, associando práticas sustentáveis aos avanços em engenharia de materiais.

O ensaio de tração configura-se como ferramenta indispensável para a caracterização mecânica, permitindo verificar propriedades como ductilidade e resistência. Aspectos como a padronização do diâmetro do corpo de prova e a densidade do material são decisivos para os resultados, influenciando a relação entre resistência e leveza (NORTON, 2004). Essas análises são fundamentais na seleção de materiais durante o desenvolvimento de novos produtos.

Além da escolha do polímero, a geometria da estrutura exerce papel crucial na resistência mecânica do artefato. O projeto aplica princípios da teoria de trançamento de compósitos, segundo os quais o entrelaçamento de fibras promove melhor distribuição de esforços e maior desempenho mecânico. Estudos clássicos em resistência dos materiais demonstram que tramas entrelaçadas dissipam tensões e deformações de forma mais eficaz, resultando em robustez e flexibilidade superiores (GERE; TIMOSHENKO, 1999).

O propósito central da pesquisa é desenvolver um produto funcional, resistente e ambientalmente responsável, incentivando a reutilização de resíduos plásticos. Dessa forma, ao integrar tecnologia e sustentabilidade, o **BraidPet** reforça os princípios da economia circular, transformando garrafas PET em produtos de maior valor agregado e menor impacto ambiental.

Objetivo

Objetivo Geral

Desenvolver um produto funcional e sustentável a partir da reutilização de materiais plásticos, especialmente PET, promovendo a conscientização ambiental e contribuindo para a economia circular.

Objetivos específicos

- Conseguir uma eficiência maior ou igual a uma guia feita de corda naval por meio do estudo de tração e o princípio da lei das tranças.
- Analisar o máximo de tração que poderá ser alcançada com a BraidPet, assim levando a diminuição da pegada de carbono para a confecção de guias do mercado pet.

Metodologia

Os procedimentos para a realização desta pesquisa foram organizados em etapas sequenciais, desde a fundamentação teórica até a construção e análise do protótipo. A descrição a seguir detalha cada fase, incluindo os materiais, equipamentos e a abordagem para a gestão de resíduos, visando o princípio de Lixo Zero.

a) Pesquisa bibliográfica

A fase inicial consistiu em uma pesquisa bibliográfica em artigos científicos para obter uma base teórica robusta sobre os temas de ensaios de tração em polímeros e a mecânica de estruturas trançadas (referida no texto original como "lei das tranças"). A pesquisa teve como objetivo compreender os princípios que governam a resistência mecânica de cabos e cordas, fornecendo o embasamento necessário para analisar a força de resistência de uma guia de corda naval feita de PET reciclado. Este levantamento teórico é fundamental para a posterior análise e validação da hipótese do projeto, conforme metodologias descritas por autores da área de Ciência dos Materiais, como Callister (2007).

b) Obtenção e processamento da matéria-prima

A matéria-prima utilizada no projeto foram garrafas de Polietileno Tereftalato (PET) pós-consumo, coletadas localmente. Em alinhamento com o conceito de Lixo Zero, para transformar as garrafas em filamentos contínuos, foi desenvolvido um sistema artesanal de filetagem, substituindo a extrusão industrial. Este dispositivo improvisado foi construído com os seguintes materiais:

- Uma barra roscada de 5 mm de espessura e 1 m de comprimento.
- Uma lâmina de estilete com um furo central de 5 mm.
- Porcas e arruelas de 5 mm para fixar e ajustar a altura da lâmina na barra roscada.

Após a conclusão dos experimentos, todos os resíduos gerados (sobras de filamentos, bocais e fundos de garrafas) serão destinados à coleta seletiva para reciclagem, fechando o ciclo do material.

c) Modelagem e projeção

Para a fase de projeto e visualização dos componentes, foi utilizado o software de modelagem 3D Onshape. A ferramenta foi empregada para criar representações virtuais das peças do dispositivo de filetagem e do protótipo inicial da guia de corda. Esse procedimento permitiu o planejamento preciso da montagem e a antecipação de possíveis desafios na construção, otimizando o uso de materiais.

d) Construção do protótipo e instrumentação

A confecção do protótipo foi um processo artesanal que envolveu o trançamento manual dos filamentos de PET para formar a estrutura da corda. Para garantir a precisão dimensional durante a construção e medição, foram utilizadas as seguintes ferramentas manuais:

- **Paquímetro digital:** Para aferir com precisão o diâmetro da barra roscada, das porcas, arruelas e, principalmente, a espessura dos filamentos de PET.
- **Régua:** Para medir comprimentos gerais, como o do corpo de prova da corda.
- **Estilete:** Utilizado para realizar os recortes iniciais nas garrafas e para o acabamento dos filamentos.

e) Coleta e análise de dados

Para testar a hipótese sobre a resistência do material, foi planejado um ensaio de tração adaptado. Os dados referentes à força necessária para a ruptura da corda trançada serão coletados e registrados. A análise consistirá em correlacionar essa força de resistência com as variáveis do protótipo (como a quantidade de fios e o tipo de trança). O objetivo é comparar os resultados práticos obtidos com os modelos teóricos estudados na pesquisa bibliográfica para, assim, avaliar a viabilidade de produção da guia de corda naval.

Desenvolvimento

O desenvolvimento do projeto BraidPet iniciou-se a partir de uma concepção teórica registrada em esboços e anotações, que posteriormente foram transformados em protótipos físicos por meio de etapas bem estruturadas. O processo buscou responder às hipóteses levantadas na fundamentação teórica: seria possível criar uma guia para cães com resistência comparável ou superior à de cordas navais utilizando apenas garrafas PET pós-consumo? Essa questão norteou todas as fases da execução.

1. Planejamento e Concepção

A ideia central foi concebida a partir da análise de problemas ambientais relacionados ao descarte de garrafas PET. Nessa fase, a equipe discutiu possibilidades de reaproveitamento do material e elaborou desenhos simples do dispositivo filetador, responsável por transformar garrafas em tiras contínuas. A fundamentação teórica em ensaios de tração e na lei das tranças embasou a hipótese de que o entrelaçamento dos filamentos poderia gerar um material resistente e funcional.

2. Desenvolvimento do Filetador Artesanal

O primeiro desafio prático consistiu em criar um sistema de filetagem simples, de baixo custo e eficiente. O protótipo inicial foi construído com materiais acessíveis: uma barra roscada de 5 mm, uma lâmina de estilete perfurada e presilhas metálicas. Esse sistema permitiu a filetagem manual de garrafas PET, transformando-as em tiras uniformes. Apesar de rudimentar, o dispositivo mostrou-se eficaz para a produção dos primeiros filamentos, embora apresentasse variações de espessura que impactaram a regularidade do material.

3. Trançado e Construção do Protótipo

Com os filamentos disponíveis, a equipe realizou experimentos de trançado manual, aplicando a teoria da lei das tranças para aumentar a resistência do produto. Foram testadas diferentes combinações de fios e padrões de entrelaçamento, com destaque para tranças de três e quatro fios. O processo artesanal exigiu ajustes constantes, já que as variações na largura e espessura dos filamentos geraram dificuldades na uniformidade da corda.

4. Instrumentação e Medições

Para garantir maior rigor experimental, ferramentas como paquímetro digital e régua foram utilizadas para medir as dimensões dos filamentos e corpos de prova. Além disso, ensaios de tração foram preparados para registrar valores de carga de ruptura e alongamento. A coleta dos dados buscou identificar os limites de resistência do material e verificar se os resultados se aproximavam ou superavam os parâmetros das cordas navais de referência.

5. Desafios e Problemas Identificados

Durante o desenvolvimento, algumas limitações foram observadas:

- **Variação de espessura dos filamentos:** causada pela natureza artesanal da filetagem, gerando diferenças no desempenho dos protótipos.
- **Dificuldade na padronização do trançado:** o trançamento manual, embora funcional, apresentou inconsistências que influenciaram os resultados dos ensaios.
- **Limitações de instrumentação:** por não contar com equipamentos laboratoriais avançados, os ensaios foram realizados com adaptações, o que pode ter impactado a precisão dos dados.

Apesar desses desafios, os protótipos produzidos atenderam ao objetivo principal de demonstrar a viabilidade técnica da transformação do PET em guias resistentes e sustentáveis.

6. Consolidação do Protótipo Final

A partir da análise dos primeiros testes, melhorias foram implementadas no dispositivo de filetagem e no processo de trançado, reduzindo parcialmente a variação entre amostras. O protótipo final da guia BraidPet apresentou resistência significativa, confirmando a hipótese inicial do projeto. Essa versão consolidada serviu de base para os ensaios descritos na seção de Resultados e Discussões.

7. Considerações sobre o Desenvolvimento

O percurso do desenvolvimento evidenciou a importância de unir fundamentos teóricos com experimentação prática. As hipóteses levantadas sobre o aumento de resistência pelo trançado foram comprovadas nos ensaios, validando a escolha metodológica. Além disso, o processo destacou a necessidade de aprimorar a padronização, apontando caminhos para o escalonamento em uma produção semi-industrial. O desenvolvimento do BraidPet não apenas consolidou um protótipo funcional, mas também reforçou a relevância do projeto como iniciativa de inovação sustentável.

Resultados e Discussões

A fase experimental do projeto BraidPet foi executada para validar o desempenho mecânico do material desenvolvido. Os ensaios de tração nos fios de PET processados forneceram os dados quantitativos para a análise de viabilidade e performance do produto.

a. Apresentação e Análise dos Resultados

Foram realizados cinco ensaios de tração em corpos de prova, com os resultados de tensão máxima de ruptura e deformação registrados na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados dos Ensaios de Tração

Ensaio	Tensão Máxima de Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
1	72,77	21.335,00
2	88,18	19.125,00
3	93,40	20.985,00
4	102,62	26.185,00
5	98,93	16.790,00

Exportar para as Planilhas

A análise estatística dos dados revela uma tensão máxima de ruptura com **média de 91,18 MPa** e um desvio padrão de **11,54 MPa**. A deformação média registrada foi de aproximadamente **20.884%**.

Significado dos Dados: A **tensão média de 91,18 MPa** indica que o processo de filetagem e torção dos fios de PET resultou em um material de alta resistência mecânica, validando a abordagem técnica do projeto. O **desvio padrão** observado é atribuído às variações na espessura dos filamentos, uma característica do processo artesanal do protótipo, e aponta para a necessidade de padronização em uma futura linha de produção. A **deformação média extremamente alta** demonstra que o material é incrivelmente dúctil, com grande capacidade de se esticar antes de falhar, o que na prática se traduz em absorção de impactos e flexibilidade.

b. Discussão dos Resultados

Os dados obtidos confirmam o sucesso da metodologia empregada. Atingir uma resistência à tração média superior a 90 MPa demonstra que a transformação mecânica da garrafa PET em filamentos orientados e torcidos é altamente eficaz para aprimorar as propriedades do material.

A principal observação é a combinação de **alta resistência** com **alta flexibilidade**. Esta dualidade é a característica mais importante para a aplicação do produto como guia para cães. A resistência garante a segurança, impedindo a ruptura sob a força exercida pelo animal. A flexibilidade, confirmada pela observação de que os fios continuam "maleáveis" e pela enorme capacidade de deformação, proporciona conforto no uso e, crucialmente, a capacidade de amortecer puxões e trancos súbitos.

A aplicação da "Lei das Tranças", ao entrelaçar múltiplos desses fios de alto desempenho, resultará em um produto final cuja resistência total será multiplicada, permitindo a criação de guias seguras para animais de diferentes portes.

c. Características Técnicas, Utilidades e Aplicações do Produto

Com base nos resultados, o produto final (guia BraidPet) é definido pelas seguintes características:

- **Material:** Corda de Polietileno Tereftalato (PET) 100% reciclado, com filamentos trançados.
- **Resistência à Tração:** Elevada, com base na performance do fio individual. A resistência final da guia é customizável pelo número de fios na trança, sendo adequada para cães de pequeno, médio e grande porte.
- **Flexibilidade e Maleabilidade:** Muito alta, garantindo conforto, segurança e capacidade de absorção de choque.
- **Sustentabilidade:** Produto gerado a partir de resíduos plásticos, promovendo a economia circular e possuindo baixa pegada de carbono em sua produção.
- **Durabilidade:** O PET apresenta boa resistência à umidade e a agentes externos, conferindo longa vida útil ao produto.

d. Aplicações Potenciais:

- **Primária:** Guias para cães de todos os portes.
- **Secundárias:** Cordas utilitárias para amarrações leves, alças para sacolas ecológicas, componentes para artesanato e projetos de design sustentável.

e. Viabilidade de Implementação e Projeções

- **Viabilidade Técnica: Alta.** O projeto provou ser tecnicamente viável com o uso de tecnologia de baixo custo. O método de produção pode ser replicado e escalado. O principal desafio técnico para a massificação é a padronização do processo de filetagem para garantir consistência e controle de qualidade.
- **Viabilidade Econômica: Extremamente alta.** O custo da matéria-prima (garrafas PET pós-consumo) é residual. O processo produtivo é simples e não exige grandes investimentos em maquinário complexo. O produto final combina baixo custo de produção com alto valor agregado (funcional e ecológico), conferindo-lhe grande potencial de mercado.

Projeções de Implementação: O projeto concluiu com sucesso a fase de prova de conceito. Os próximos passos projetados são a produção de um lote piloto para testes de mercado e a otimização do dispositivo de filetagem para um processo semi-automatizado, visando a produção em pequena escala.

f. Impactos da Produção e Implantação em Larga Escala

A produção da guia BraidPet em larga escala geraria impactos positivos significativos:

- **Impacto Ambiental:** Contribuição direta para a mitigação da poluição plástica, desviando garrafas PET de aterros e do meio ambiente. Redução do consumo de recursos naturais e energia ao substituir a produção de materiais virgens.
- **Impacto Social:** Potencial para geração de emprego e renda, especialmente se a produção for associada a cooperativas de reciclagem, fortalecendo a cadeia da economia solidária.
- **Impacto Econômico:** Criação de um novo ciclo de valor para um resíduo abundante, oferecendo aos consumidores um produto funcional, durável e alinhado com as demandas por sustentabilidade.

Considerações Finais

- a. **Validação da Hipótese:** A pesquisa conclui que a hipótese central foi validada com sucesso. É tecnicamente viável transformar garrafas PET pós-consumo em um material de alta performance mecânica através de um processo de filetagem e trançado. Os resultados dos ensaios de tração, com uma resistência média de 91,18 MPa, comprovam que o material não apenas atende, mas pode superar as exigências para a produção de guias para cães.
- b. **Viabilidade do Processo:** Foi demonstrado que um método de baixo custo e alta replicabilidade pode ser utilizado para criar um produto de valor agregado. A eficácia do filetador artesanal e do trançado manual estabelece uma base sólida para a produção em pequena escala e aponta um caminho para o escalonamento.
- c. **Propriedades do Produto:** O produto BraidPet se destaca por uma combinação de alta resistência à tração e elevada ductilidade. Essa dualidade de características é ideal para a aplicação final, garantindo segurança contra rupturas e flexibilidade para absorver impactos, proporcionando segurança e conforto ao usuário e ao animal.
- d. **Contribuição para a Economia Circular:** O projeto materializa os princípios da economia circular ao converter um resíduo de baixo valor em um bem de consumo durável e funcional. Ele serve como um modelo prático de como a engenharia de materiais e o design de produto podem oferecer soluções para desafios ambientais.

Situação Atual do Projeto

Atualmente, o projeto BraidPet concluiu com êxito a fase de **prova de conceito e prototipagem**. A equipe avançou da fundamentação teórica para a construção de um protótipo físico, cuja matéria-prima foi submetida a ensaios mecânicos que validaram suas propriedades essenciais. A viabilidade técnica do processo artesanal foi confirmada e os dados preliminares de desempenho foram coletados e analisados.

Próximos Passos

Para a evolução do projeto da fase de protótipo para um produto potencialmente comercializável, as seguintes etapas são recomendadas:

- a. **Otimização e Padronização:** Aperfeiçoar o dispositivo de filetagem para garantir maior uniformidade na espessura dos fios, reduzindo a variabilidade nos resultados. Desenvolver gabaritos e métodos para padronizar o processo de trançado, assegurando consistência na qualidade e desempenho dos produtos finais.
- b. **Ensaio de Durabilidade e Fadiga:** Realizar testes complementares que simulem o uso real, como ensaios de abrasão, exposição a intempéries (radiação UV, umidade) e testes de fadiga (carga cíclica) para avaliar a vida útil do produto.
- c. **Desenvolvimento do Produto Final:** Projetar e integrar os componentes finais da guia, como manoplas (alças) e mosquetões, e construir protótipos funcionais completos para testes de usabilidade.
- d. **Lote Piloto e Validação de Mercado:** Produzir um lote piloto das guias BraidPet para serem testadas por usuários reais (tutores de cães). Coletar feedback sobre desempenho, ergonomia e aceitação do produto para orientar ajustes finais e validar o interesse do mercado.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724:** informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

Disponível em:

http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2011/09/NBR_14724_atualizada_abr_2011.pdf. Acesso em: 16 de Julho de 2020.

ABIPET – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. 12º Censo da Reciclagem do PET no Brasil. 2021. Disponível em:

<https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/materiais-de-download/tudo-sobre-o-pet-recicla-do/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

BRASIL ESCOLA. Plástico PET: o que é, características, aplicações. 2009. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/pet-plastico-momento.htm>. Acesso em: 22 ago. 2025.

BRASIL ESCOLA. Microplásticos: o que são, fontes, impactos. 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/microplasticos.htm>. Acesso em: 22 ago. 2025.

ECODEBATE. Poluição por plástico mata 1 em cada 10 animais marinhos no Brasil. 2022. Disponível em:

<https://www.ecodebate.com.br/2022/12/12/poluicao-por-plastico-mata-1-em-cada-10-animais-marinheiros-no-brasil/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

GERE, J. M.; TIMOSHENKO, S. P. Mecânica dos Materiais. 4. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 1999.

NORTON, R. L. Projeto de engenharia mecânica. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

OCEANA BRASIL. Impactos do plástico na biodiversidade marinha brasileira. 2023. Disponível em: <https://brasil.oceana.org/>. Acesso em: 22 ago. 2025.