cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

# Compósitos de NBR reforçados com resíduo de toner reciclado: propriedades reométricas e mecânicas

Renivaldo José dos Santos[1*], Dener da Silva Souza[1], Ricardo Henrique dos Santos[1], Flavio C. Cabrera[1], Carlos T. Hiranobe[1], Leandra O. Salmazo[2], Alberto Lopez Gil[2], Miguel Angel R. Perez[2]

[1]*Faculdade de Engenharia e Ciências - UNESP, Rosana-SP, Brasil*

[2]*Faculdade de Ciências, Universidade de Valladolid, Espanha*

**Autor correspondente e-mail: renivaldo.santos@unesp.br*

## Introdução

O descarte inadequado de resíduos sólidos industriais e pós-consumo representa um importante desafio ambiental, estimulando a busca por alternativas sustentáveis para sua reutilização em materiais de valor agregado. Neste contexto, este trabalho avaliou o efeito da incorporação de resíduo de toner nas propriedades reométricas e mecânicas de compósitos de borracha nitrílica (NBR), em teores de 10 a 50 phr.

## Objetivos

- ❑ Preparar compósitos de borracha nitrílica (NBR) contendo diferentes teores de resíduo de toner, entre 10 e 50 phr, avaliando sua incorporação à matriz elastomérica:
- ❑ Avaliar a influência do teor de resíduo de toner sobre o comportamento reométrico e mecânico dos compósitos;
- ❑ Investigar o potencial do resíduo de toner como carga alternativa em compósitos de NBR, relacionando as alterações nas propriedades obtidas com potencial aplicação tecnológica.

## Metodologia

Os compósitos foram caracterizados por ensaios reométricos (ASTM D2084), resistência à tração (ASTM D412), dureza (ASTM D2240), resistência à abrasão (ASTM D5963) e inchamento em tolueno, com estimativa do parâmetro aparente de densidade de rede por meio da equação de Flory-Rehner.

## Resultados e Discussão

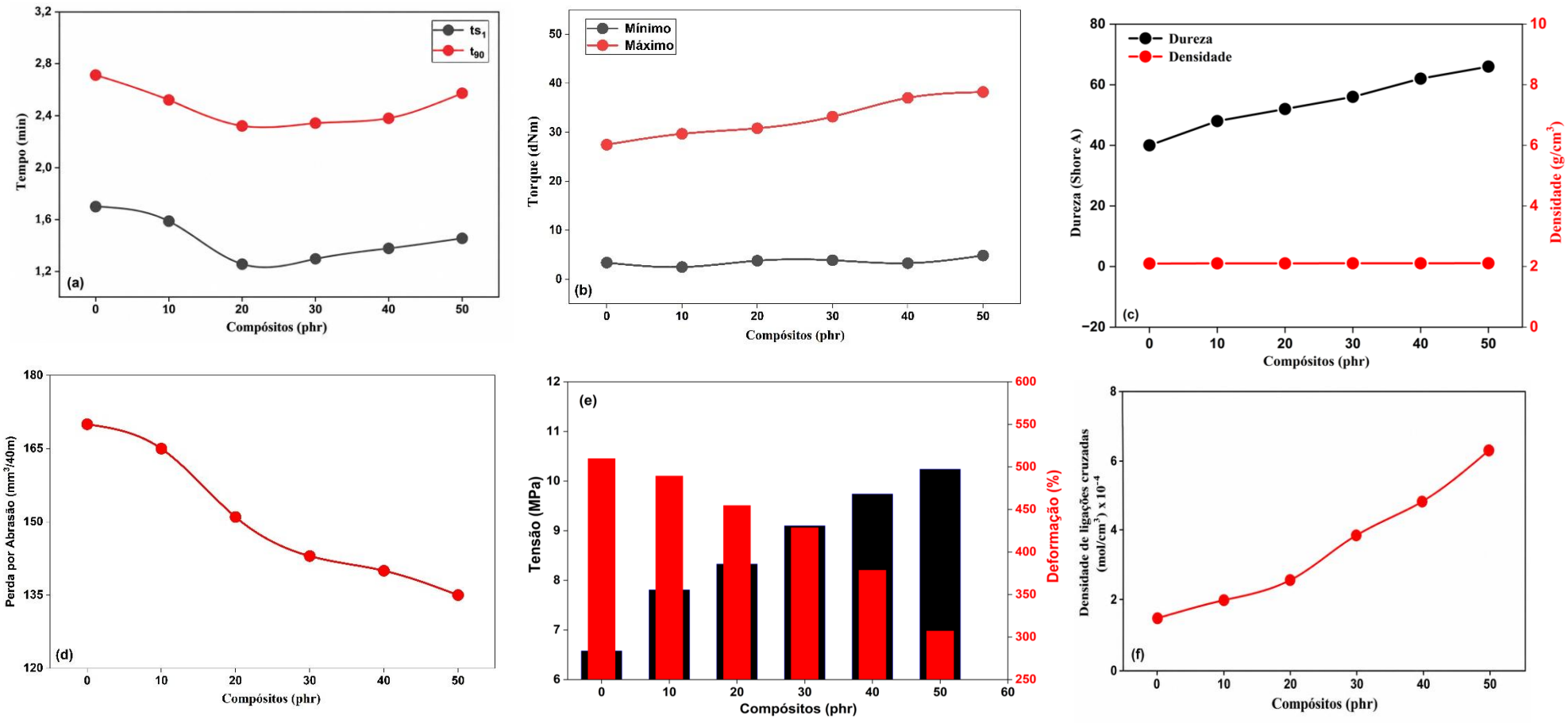



**Figura 1** – Influência do teor de resíduo de toner nas propriedades reométricas e mecânicas dos compósitos de borracha nitrílica: (a) tempos de pré-cura ($t_{s_1}$) e ótimo de vulcanização ($t_{90}$); (b) torques mínimo ($M_l$) e máximo ($M_h$); (c) dureza Shore A e densidade específica; (d) perda volumétrica por abrasão; (e) tensão máxima e deformação correspondente; e (f) densidade aparente de ligações cruzadas.

## Conclusões

Os resultados indicam que o resíduo de toner apresenta potencial para aplicação como carga em compósitos elastoméricos à base de NBR, configurando-se como alternativa promissora para a reutilização de resíduos sólidos e para o desenvolvimento de materiais com potencial aplicação tecnológica.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pelo suporte financeiro, **Processo FAPESP 2024/4118-0**.

## Referências

1. SITTITANADOL, I.; SRAKEAW, N. L.; SOMDEE, P.; CHUMSAMRONG, P.; NOYMING, S.;SINGSANG, W.; PRASOETSOPHA, N. Utilizing Coconut Biochar as a Bio-reinforcing Agent in Natural Rubber Composites. Starch/Stärke, v. 77, n. 3, 2400168, 2025.
2. VIRÁG, Á. D.; GÖRBE, Á.; KOHÁRI, A.; TÓTH, C. Substitution of carbon black with wood biochar in natural rubber composites: A study on reinforcement and sustainability. Results in Engineering, v. 28, 107843, 2025.
3. HIRANOBE, C. T.; RIBEIRO, G. D.; TORRES, G. B.; REIS, E. A. P.; CABRERA, F. C.; JOB, A. E.; PAIM, L. L.; SANTOS, R. J. Cross-Linked Density Determination of Natural Rubber Compounds by Different Analytical Techniques. Materials Research, v. 24, suppl. 1, e20210041, 2021.