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

TESTES BALÍSTICOS EM PLACAS LAMINARES DE ARAMIDA E POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

Andressa Antunes Carneiro*[1]; Dionisio da Silva Biron[1]; Paula Sartori[1]; Francisco Lanferdini Serafini[1]; Iaci Miranda Pereira[2]; Ademir Jose Zattera[3]
[1] Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento UCSGRAPHENE®, Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS, Brasil
[2] Centro Tecnológico do Exército (CTEx), Laboratório de Materiais, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
[3] Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias (PGEPROTEC), Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, RS, Brasil
*Autor correspondente, e-mail: aacarneiro@ucs.br

Introdução e Objetivo

Contexto e Desafio: Substituição de ligas metálicas por compósitos poliméricos em blindagens balísticas para redução de massa e custo.

Aramida e PEAD: A manta de aramida (MA) oferece elevada absorção de impacto; o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) atua como matriz termoplástica de boa tenacidade, processabilidade e disponibilidade.

Adesão Interlayer sem Ataque Químico: O uso de filmes de PEAD promove a adesão entre as camadas sem necessidade de tratamentos químicos agressivos na superfície das fibras de aramida.

Objetivo Principal: Avaliar o efeito do número de camadas (20/21, 29/30 e 39/40 PEAD/MA) na consolidação em autoclave e no desempenho balístico (ABNT NBR 15000 adaptada, disparos de 9 mm).

Metodologia

Materiais: PEAD Braskem (BF4810, ρ= 0,948 g/cm³) e Mantas de Aramida Barrday (1129 TW 2040 840D, fornecidas pelo CTEx).

Processamento dos Filmes: Secagem dos pellets de PEAD (80 °C por 12 h) e extrusão tubular por sopro em rosca simples (velocidade de recolhimento: 2 m/min).

Montagem e Autoclave: Placas (500 x 500 mm) intercalando PEAD e Aramida. Consolidação em autoclave entre chapas de alumínio: 1 bar (20 min), seguido de 7 bar a 150 °C (40 min) e posterior resfriamento até 100 °C.

Caracterização e Ensaio Balístico: Medições de deformação posterior via scaner (BAM Hexagon com scanner a laser). Ensaio com pistola 9 mm (5 m de distância, 5 disparos por placa) e velocidade registrada por cronógrafo.

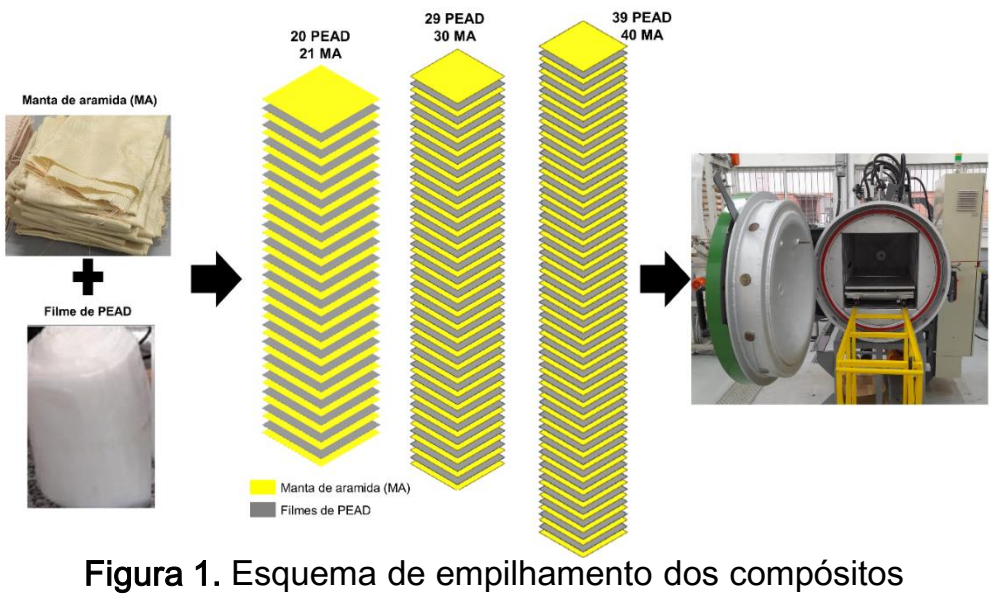


Figura 1. Esquema de empilhamento dos compósitos laminados e foto do processo em autoclave.

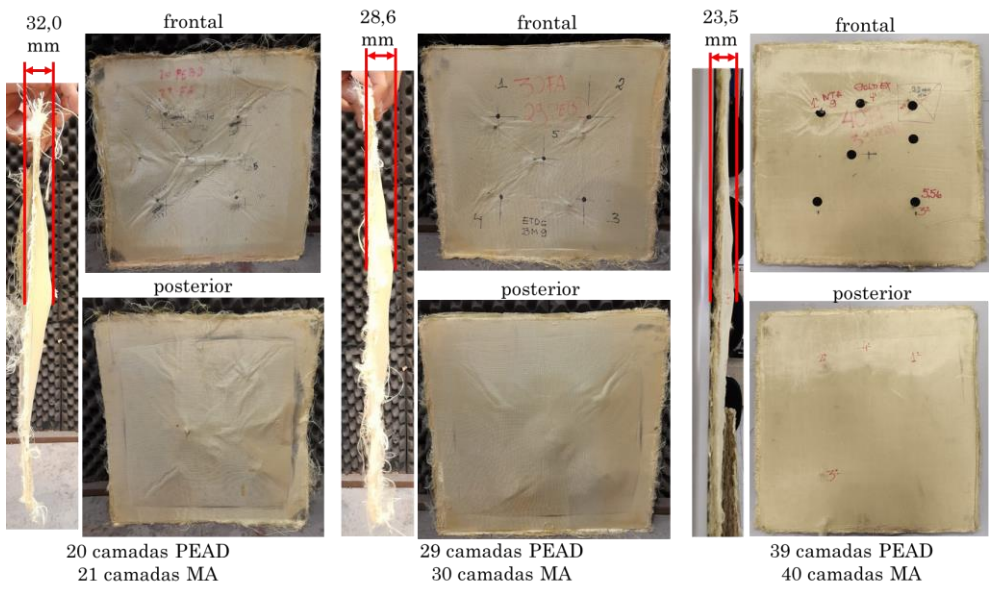
Resultados e Discussão

Consolidação e Aspecto Macroscópico: Boa compactação e adesão interlaminar, sem indícios de delaminação macroscópica pós-autoclave.

Retenção Balística (100%): Nenhuma perfuração total em todas as placas (0 perfurações em 5 disparos), enquadrando os laminados no nível de proteção II da ABNT NBR 15000.

Deformação Posterior (Trauma): O aumento na quantidade de camadas de aramida promoveu um aumento progressivo na rigidez flexural do laminado, reduzindo a deformação posterior. As placas 20/21, 29/30 e 39/40 apresentaram deformação permanente de 32,0; 28,6 e 23,5 mm, respectivamente (Fugura 2).

Mecanismos de Falha Identificados: Cisalhamento por indentação, quebra e estiramento de fibras, abaulamento, delaminação e fibrilação.



Placa	v (m/s)	e (mm)	ε (mm)	Disparos (unid.)	Perfuração
20 PEAD+21 MA	305,3	4,2	32,0	5	0
29 PEAD+30 MA	395,6	5,3	28,6	5	0
39 PEAD+40 MA	409,31	8,4	23,5	5	0

v: velocidade média (m/s)
ε: deformação máxima das placas (mm)
e: espessura das placas (mm)

Figura 2. Imagem do Ensaio Balístico e tabela dos dados compilados no ensaio balístico realizado.

Conclusões

Nível Balístico II: Os laminados de PEAD/Aramida consolidados em autoclave apresentaram excelente integridade estrutural e retenção completa da munição 9 mm.

Otimização de montagem: O filme de PEAD demonstrou ser uma alternativa viável para promover a adesão interlaminar sem necessidade de modificações químicas na fibra de aramida.

Deformação posterior: O aumento do número de camadas (de 21 para 40 de aramida) reduziu significativamente a deformação posterior (para 23,5 mm), validando o potencial do compósito para blindagens leves.

Referências e Agradecimentos

Agradecimentos: À CAPES, CNPq, FINEP, UCSGRAPHENE, CTEx e PGEPROTEC pelo suporte financeiro e infraestrutura.

COSTA, U. O. et al. Characterization and ballistic performance of hybrid jute and aramid reinforcing graphite nanoplatelets in high-density polyethylene nanocomposites. Journal of Materials Research and Technology, 2024.
ZHANG, H. et al. Impact response and energy absorption mechanisms of UHMWPE fabric and composites in ballistic applications. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2024.
KARAHAN, M. et al. Ballistic impact behavior of the aramid and ultra-high molecular weight polyethylene composites, 2015.