VANTAGENS DOS POLÍMEROS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: DESEMPENHO, PROCESSAMENTO E IMPACTO AMBIENTAL

ADVANTAGES OF POLYMERS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY: PERFORMANCE, PROCESSING, AND ENVIRONMENTAL IMPACT

Autora – Isabelle Ramos de Souza

Estudante de Bacharelado em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: 449, R. Itacolomi, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: isabelle56960@unifatecpr.com.br

Orientadora – Taissa Tavares de Deus Pontes

Mestra pelo Programa de Pós-Graduação em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná e Doutoranda em Química pela Universidade Federal do Paraná.

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: 449, R. Itacolomi, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: taissa.tavares@unifatecpr.com.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho mecânico de materiais poliméricos utilizados na indústria automotiva, com foco nas propriedades de tração, flexão e impacto, bem como analisar seu potencial na substituição de materiais metálicos em automóveis considerando impactos ambientais ao longo do ciclo de vida. A metodologia adotada baseou-se na realização de ensaios experimentais conforme normas ASTM, utilizando polipropileno homopolímero (PP), polipropileno com carga mineral, ABS e blenda ABS/PC, além de revisão bibliográfica. Os resultados evidenciaram que o ABS/PC apresentou maior rigidez, resistência mecânica e tenacidade, enquanto o PP homopolímero demonstrou maior flexibilidade e menor resistência ao impacto entre os materiais avaliados. Adicionalmente, materiais com conteúdo reciclado pós-consumo apresentaram redução significativa da pegada de carbono, evidenciando potencial para aplicações automotivas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Polímeros, Indústria automotiva, Sustentabilidade, Substituição de materiais.

ABSTRACT
This work aims to evaluate the mechanical performance of polymeric materials used in the automotive industry, focusing on tensile, flexural, and impact properties, as well as analyzing their potential for replacing metallic materials in automobiles, considering environmental impacts throughout their life cycle. The methodology adopted is based on conducting experimental tests according to ASTM standards, using homopolymer polypropylene (PP), mineral-filled polypropylene, ABS, and an ABS/PC blend, in addition to a literature review. The results showed that ABS/PC presented higher mechanical strength and toughness, while homopolymer polypropylene showed greater flexibility and the lowest impact resistance among the evaluated materials. The integrated analysis indicated that material selection should consider the balance between mechanical properties and application requirements. Furthermore, materials with post-consumer recycled content significantly reduced the carbon footprint, highlighting potential for more sustainable automotive applications.
Keywords: Polymers, Automotive industry, Sustainability, Material substitution.

1. INTRODUÇÃO

Polímeros são macromoléculas de elevado peso molecular formadas por unidades repetitivas de monômeros, unidas por ligações covalentes. Sua estrutura pode apresentar-se de forma linear, ramificada ou reticulada, influenciando diretamente propriedades como resistência mecânica, comportamento térmico e processabilidade (CANEVAROLO JR., 2006). Dentre suas classificações, destacam-se os termoplásticos, amplamente utilizados na indústria devido à sua capacidade de fusão e reprocessamento, além de sua baixa densidade quando comparados a materiais metálicos (CANEVAROLO JR., 2013).

No setor automotivo, o avanço no desenvolvimento de materiais poliméricos de engenharia possibilitou a substituição parcial de metais tradicionalmente empregados na estrutura e nos componentes dos veículos (ABIPLAST, 2025). Essa substituição está diretamente relacionada às propriedades estruturais e funcionais desses materiais, como adequada relação resistência/peso, resistência ao impacto, especialmente quando modificados com fases elastoméricas e possibilidade de incorporação de cargas minerais para ajuste de rigidez e estabilidade dimensional (CANEVAROLO JR., 2013; CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

Entretanto, essa mudança não deve ser analisada apenas pela redução de massa, mas também considerando propriedades mecânicas, resistência química, comportamento térmico e viabilidade de processamento industrial. Nesse contexto, destacam-se o polipropileno (PP) e o acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), amplamente empregados

em aplicações automotivas em peças internas e externas, incluindo painéis, revestimentos e para-choques (INEOS STYROLUTION, 2025; CALLISTER; RETHWISCH, 2016).

1.1 POLÍMEROS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Entre os primeiros materiais poliméricos utilizados na indústria automotiva destaca-se a baquelite, desenvolvida pelo químico Leo Baekeland. Esse material foi amplamente empregado em componentes elétricos e partes do motor, devido à sua elevada resistência térmica, boa resistência ao impacto e viabilidade econômica (MANO; BLÜCHE, 1991).

Além das vantagens técnicas, a utilização de plásticos na indústria automotiva está associada a potenciais benefícios ambientais, especialmente no que se refere à redução de massa dos veículos, que contribui para a diminuição do consumo de combustível e, consequentemente, das emissões de gases do efeito estufa (ABIPLAST, 2024). A energia necessária para a movimentação está diretamente relacionada à massa do veículo. Essa relação pode ser observada pela expressão da energia cinética:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Onde: E_k é a energia cinética (J), m é a massa (kg) e v é a velocidade (m/s), indicando que a energia necessária para acelerar o veículo é proporcional à sua massa. Além disso, a resistência ao rolamento dos pneus também depende da massa do veículo, podendo ser descrita pela equação:

$$F_r = C_r \cdot m \cdot g$$

Onde: F_r é a força de resistência ao rolamento (N), C_r é o coeficiente de resistência ao rolamento (adimensional), m é a massa do veículo (kg) e g é a aceleração da gravidade (9,81 m/s²). Dessa forma, a redução da massa veicular, obtida por meio da substituição de materiais metálicos por materiais poliméricos, pode contribuir diretamente para a diminuição da resistência ao rolamento, favorecendo a eficiência energética e reduzindo o consumo de combustível (CALLISTER; RETHWISCH, 2016; U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2020).

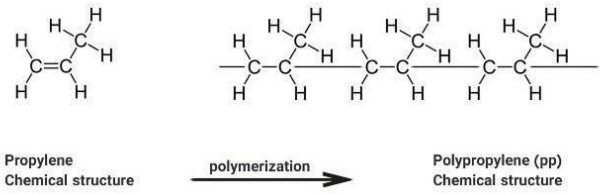
De acordo com o U.S. Department of Energy (2020), uma redução de aproximadamente 10% na massa total do veículo pode resultar em uma diminuição entre 6% e 8% no consumo de combustível, dependendo das condições de operação e tipo de motorização. Nesse contexto, a substituição de componentes metálicos por polímeros, como, por exemplo, o Polipropileno (PP) e Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) tem

sido amplamente adotada pela indústria automotiva, contribuindo simultaneamente para a redução do peso estrutural e das emissões de gases de efeito estufa (ABIPLAST, 2024).

1.2 POLIPROPILENO (PP)

O polipropileno (PP) é um polímero termoplástico semicristalino pertencente à família das poliolefinas, sendo industrialmente obtido pela polimerização do propileno (Figura 1).

Figura 1 – Estrutura química do polipropileno (PP



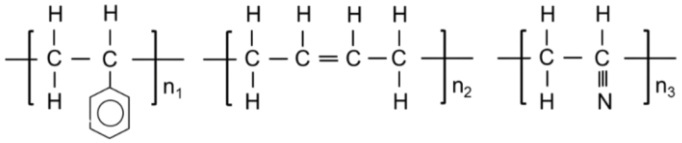
Fonte: Adaptado de ALI, 2023

Na indústria automotiva, o PP é empregado na fabricação de componentes como para-choques, painéis internos e revestimentos, principalmente devido ao seu baixo custo, boa resistência ao impacto e facilidade de processamento. Além disso, suas propriedades podem ser modificadas por meio da incorporação de cargas minerais ou reforços fibrosos, promovendo aumento de rigidez, estabilidade dimensional e resistência mecânica (CALLISTER; RETHWISCH, 2016; MANO; MENDES, 1999).

1.3 COPOLÍMERO DE ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO (ABS)

O Copolímero de Acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) é um terpolímero termoplástico amorfo formado por três monômeros principais: acrilonitrila (C_3H_3N), butadieno (C_4H_6) e estireno (C_8H_8). Apresenta como propriedades rigidez e leveza. Seu desempenho mecânico está associado à presença da fase elastomérica de polibutadieno, responsável pela absorção e dissipação de energia mecânica (ODIAN, 2004).

Figura 2 – Constituição do copolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS).



Fonte: Adaptado de NETZSCH.

No setor automotivo, o ABS é aplicado principalmente em componentes internos e externos não estruturais, como painéis, consoles, molduras, grades frontais e acabamentos internos, devido à sua facilidade de moldagem por injeção e boa resistência mecânica (HARPER, 2002). O material pode receber aditivos estabilizantes capazes de ampliar sua resistência ao envelhecimento causado pela radiação solar e intempéries, sendo frequentemente avaliado por ensaios acelerados de envelhecimento conforme normas ASTM (ASTM INTERNATIONAL, 2025a; ASTM INTERNATIONAL, 2025b).

1.4 BLENDAS DE ACRILONITRILA-BUTADIENO-ESTIRENO (ABS) E POLICARBONATO (PC)

As blendas de ABS/PC combinam propriedades do ABS e do policarbonato (PC). A incorporação de policarbonato ao ABS promove aumento da rigidez estrutural, melhoria da resistência ao impacto e elevação da temperatura de deflexão térmica (HDT), permitindo aplicações mais severas quando comparadas ao ABS convencional. As blendas apresentam melhor estabilidade dimensional e maior resistência ao empenamento (DENINNO et al., 2022).

Na indústria automotiva, as blendas são empregadas em componentes sujeitos a maiores solicitações térmicas e mecânicas, como painéis, consoles e componentes externos que demandam maior resistência ao impacto e estabilidade visual. Além disso, o ABS/PC apresenta elevada durabilidade, contribuindo para o aumento da vida útil dos componentes automotivos (INEOS STYROLUTION, 2019).

2. OBJETIVOS DA PROPOSTA DE PESQUISA

2.1 OBJETIVO GERAL DA PROPOSTA DE PESQUISA

Analisar o potencial de aplicação de peças automotivas em polipropileno (PP), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e ABS/PC, visando à substituição parcial de componentes metálicos na indústria automotiva, com base na comparação de propriedades mecânicas e na avaliação de impactos ambientais, especialmente quanto à redução de massa veicular e pegada de carbono.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO DA PROPOSTA DE PESQUISA

- Determinar as propriedades mecânicas de tração, flexão e impacto dos polímeros PP, ABS e ABS/PC, por meio de ensaios realizados conforme normas ASTM.
- Comparar os resultados obtidos com dados da literatura referentes a materiais metálicos amplamente utilizados na indústria automotiva, discutindo o potencial de substituição sob a perspectiva de redução de massa e desempenho mecânico.
- Correlacionar os resultados experimentais com dados bibliográficos relacionados aos possíveis benefícios ambientais associados ao uso desses polímeros, com ênfase na pegada de carbono.

3. METODOLOGIA

Foram realizados ensaios de tração conforme a norma ASTM D638 (2022), ensaios de flexão em três pontos de acordo com a ASTM D790 (2017) e ensaios de impacto pelo método Charpy conforme a ASTM D6110 (2018), seguindo procedimentos padronizados para obtenção de propriedades mecânicas representativas. Paralelamente, foi realizada uma revisão de literatura com o objetivo de consolidar os conceitos relacionados às propriedades mecânicas dos polímeros, bem como suas aplicações e vantagens na substituição de materiais metálicos.

3.1 MATERIAIS

Materiais utilizados nos ensaios experimentais:

- Polipropileno homopolímero (PP H 503)
- Acrilonitrila butadieno estireno (ABS GP 35)
- Polipropileno com adição de 15% de carga mineral (talco)
- Blenda de ABS/PC (composição não especificada pelo fornecedor)

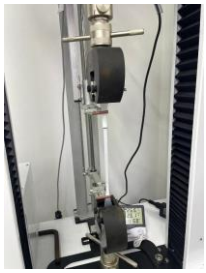
3.2 MÉTODOS

3.2.1 ENSAIO DE TRAÇÃO

O ensaio de tração foi conduzido conforme a norma ASTM D638 (2022), utilizando máquina universal de ensaios Mbio II, equipada com célula de carga de 50 kN, conforme Figura 3. Os corpos de prova foram submetidos a carregamento uniaxial até a ruptura, possibilitando a obtenção das curvas tensão-deformação. Adotou-se velocidade

de ensaio constante, definida no *software* do equipamento para o deslocamento controlado até o limite do ensaio (50 mm), além da utilização de extensômetro com base de medida de 250 mm e aplicação de pré-carga para estabilização do sistema. Para cada material, foram ensaiados oito corpos de prova, visando aumentar a confiabilidade experimental.

Figura 3 – Equipamento universal de ensaio de tração com extensômetro.



Fonte: Autora, 2026.

3.2.2 ENSAIO DE FLEXÃO

O ensaio de flexão foi realizado conforme a norma ASTM D790 (2017), utilizando o método de flexão em três pontos. Os ensaios foram conduzidos em máquina universal de ensaios Mbio II, equipada com célula de carga de 50 kN. Nesse procedimento, os corpos de prova foram submetidos a carregamento transversal até o limite de deformação (3,5%), permitindo avaliar o comportamento mecânico dos materiais sob solicitações combinadas de tração e compressão.

Para o ensaio, adotou-se velocidade constante de 15 mm/min, com aplicação de pré-carga para estabilização inicial do sistema. Para cada material, foram ensaiados corpos de prova, com número de amostras variando entre cinco e seis unidades, conforme disponibilidade experimental. Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente por meio da determinação de valores médios e desvio padrão, garantindo maior confiabilidade e representatividade dos dados experimentais.

Figura 4 – Equipamento universal de ensaios de flexão.



Fonte: Autora, 2026.

3.2.3 ENSAIO DE IMPACTO

O ensaio de impacto foi conduzido conforme a norma ASTM D6110 (2018), utilizando o método Charpy. Foram utilizados corpos de prova entalhados, conforme especificado pela norma, visando concentrar tensões e reproduzir condições críticas de fratura. Nesse procedimento, os corpos de prova são submetidos a impacto por meio de um pêndulo, sendo medida a energia absorvida pelo material até a fratura. A energia absorvida está diretamente associada à tenacidade do material e à sua capacidade de dissipação de energia, sendo um parâmetro crítico para avaliação do desempenho em situações de impacto.

Os resultados foram tratados estatisticamente por meio da determinação de valores médios e desvio padrão. O ensaio permite a comparação do desempenho dos materiais quanto à tenacidade, evidenciando diferenças na capacidade de absorção de energia entre os sistemas poliméricos avaliados.

Figura 5 – Equipamento universal para ensaios de impacto Charpy e Izod.



Fonte: Autora, 2026.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ENSAIO DE TRAÇÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de tração para os materiais poliméricos analisados, são apresentados na Tabela 1.

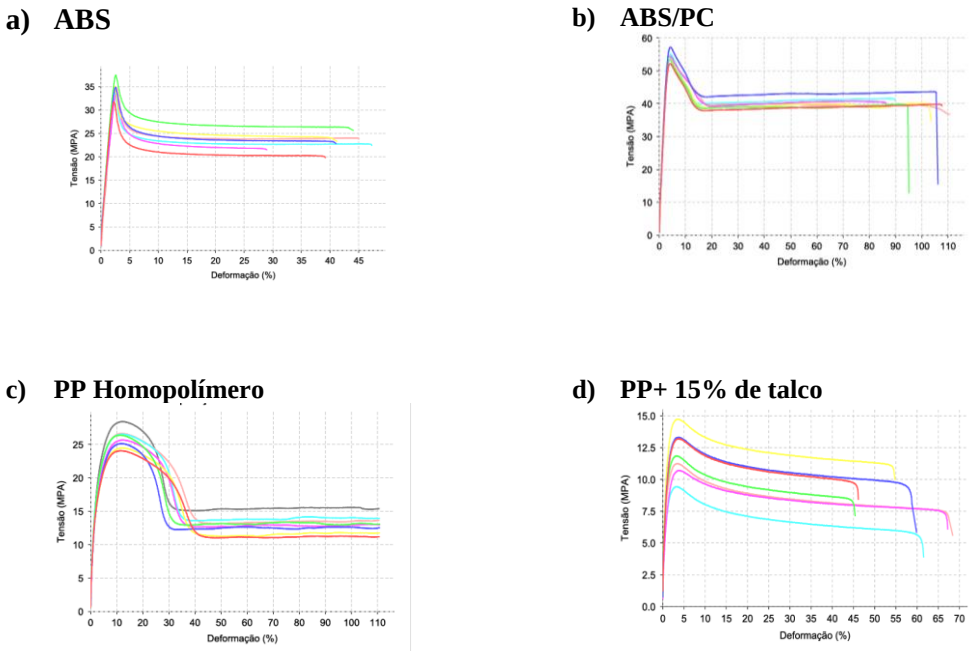
Tabela 1 – Densidade, Módulo de elasticidade e Tensão máxima dos polímeros: PP Homopolímero, PP+15% Talco, ABS e ABS/PC.

Material	Densidade (g/cm³)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Tensão Máxima (MPa)
PP Homopolímero	0,90 g/cm³	1607,43	25,93
PP + 15% de talco	0,99 g/cm³	971,48	12,06

ABS	1,08 g/cm³	1991,53	34,37
ABS/PC	1,11 g/cm³	2548,40	54,37

Fonte: Autora (2026).

Figura 6 – Curvas Tensão × Deformação obtidas no ensaio de tração dos polímeros: PP Homopolímero, PP+15% Talco, ABS e ABS/PC.



Fonte: Autora (2026).

As curvas de tensão apresentadas na Figura 6 e os valores apresentados na Tabela 1 evidenciam diferenças no comportamento mecânico dos materiais analisados durante o ensaio de tração. Observa-se que o ABS/PC apresentou maiores níveis de tensão ao longo do ensaio, indicando maior resistência mecânica e estabilidade estrutural quando comparado aos demais polímeros. O ABS também demonstrou desempenho superior ao polipropileno homopolímero, com maiores valores de tensão máxima e menor capacidade de deformação relativa.

O polipropileno homopolímero apresentou maior alongamento, evidenciando comportamento mais dúctil e maior capacidade de deformação antes da ruptura. Já o PP com 15% de talco apresentou menores valores de tensão, indicando que a adição da carga mineral, nas condições avaliadas, não resultou em aumento da resistência à tração, possivelmente em função da dispersão da carga e da interação interfacial entre matriz e reforço. Resultados semelhantes foram observados por Pham et al. (2018), que verificou

redução da resistência à tração e à flexão em compósitos de PP com talco, associando esse comportamento à influência da carga mineral sobre a matriz polimérica.

A blenda ABS/PC apresentou os maiores valores de módulo de elasticidade e tensão máxima, indicando elevada rigidez e maior capacidade de suportar carregamentos mecânicos. Esse comportamento está associado à presença do policarbonato na blenda, que contribui para o aumento da resistência mecânica e estabilidade estrutural do material.

4.2 ENSAIO DE FLEXÃO

O comportamento observado durante os ensaios de flexão apresentou tendência semelhante à verificada nos ensaios de tração, especialmente em relação à maior rigidez apresentada pelos materiais ABS e ABS/PC.

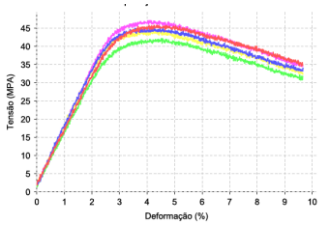
Tabela 2. Propriedades mecânicas em flexão (ASTM D790) dos polímeros: PP Homopolímero, PP+15% Talco, ABS e ABS/PC.

Material	Módulo de Flexão (MPa)	Tensão à flexão (MPa)
PP Homopolímero	901,30	20,84
PP + 15% de talco	490,95	11,73
ABS	1753,87	43,77
ABS/PC	2760,77	58,96

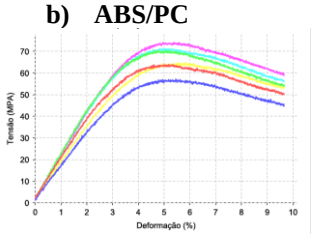
Fonte: Autora (2026).

Figura 7 - Curvas tensão × deformação obtidas no ensaio de flexão dos materiais analisados.

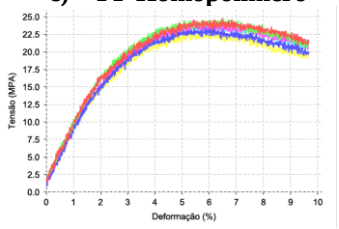
a) ABS



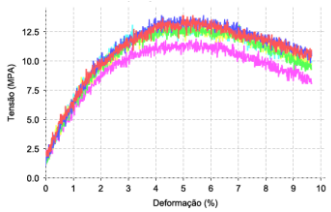
b) ABS/PC



c) PP Homopolímero



d) PP+ 15% de talco



Fonte: Autora (2026).

As curvas tensão × deformação apresentadas na Figura 7 indicam que a blenda de ABS/PC apresentou maiores níveis de tensão ao longo do ensaio, além de menor deformação relativa, indicando comportamento estrutural mais rígido e maior resistência à flexão em comparação aos demais materiais. Esse comportamento está associado à presença do policarbonato na blenda, que promove maior rigidez estrutural e resistência à deformação.

O ABS também apresentou comportamento superior em relação ao polipropileno homopolímero, com maiores valores de tensão e maior capacidade de suportar deformações. Esse comportamento está associado à estrutura bifásica do ABS, favorecendo dissipação de energia e melhor equilíbrio entre resistência mecânica e tenacidade. Em contrapartida, o polipropileno homopolímero apresentou comportamento mais flexível, evidenciando maior ductilidade durante o ensaio. Esse comportamento está associado à maior mobilidade segmentar das cadeias poliméricas e à menor restrição conformacional quando comparado aos materiais estirenados.

Para o material com adição de 15% de talco constataram-se os menores valores de tensão e módulo de flexão entre os materiais avaliados, indicando que a incorporação da carga mineral alterou de maneira significativa o comportamento mecânico do sistema polimérico sob diferentes condições de solicitação. Embora tenha sido observada redução do módulo e da resistência mecânica nos ensaios de tração e flexão sob esforços estáticos, o material apresentou aumento expressivo da capacidade de absorção de energia no ensaio de impacto, evidenciando que a presença de carga mineral influenciou de maneira distinta a resposta do material sob esforços estáticos e dinâmicos.

Considerando aplicações automotivas, materiais com maior módulo de flexão, como ABS e ABS/PC, apresentam maior potencial para componentes sujeitos a maiores exigências de rigidez estrutural e estabilidade dimensional durante a operação do veículo, como painéis e suportes, enquanto materiais como o polipropileno podem ser aplicados em componentes que exigem maior flexibilidade e menor rigidez.

4.3 ENSAIO DE IMPACTO (CHARPY)

Os resultados obtidos nos ensaios de impacto pelo método Charpy para os materiais poliméricos analisados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Energia absorvida no ensaio de impacto (Charpy) dos polímeros: PP Homopolímero, PP+15% Talco, ABS e ABS/PC.

Material	Número de Ensaios	Energia de Impacto (média)	Unidade	Desvio Padrão
PP Homopolímero	6	23,78	kJ/m²	3,27
PP + 15% de talco	4	159,20	kJ/m²	26,07
ABS	5	95,18	kJ/m²	15,60
ABS/PC	5	423,60	kJ/m²	66,21

Fonte: Autora (2026).

Os resultados de impacto evidenciam diferenças na capacidade de absorção de energia entre os materiais analisados, refletindo diretamente sua tenacidade e comportamento frente a esforços dinâmicos. A blenda ABS/PC apresentou o maior valor médio de energia absorvida, indicando elevada resistência ao impacto, comportamento associado à combinação entre a tenacidade do policarbonato e a ductilidade do ABS.

O ABS também apresentou bom desempenho, o que pode ser atribuído à presença da fase elastomérica (butadieno), responsável pela dissipação de energia durante a fratura. Já o polipropileno homopolímero apresentou menor resistência ao impacto, característica típica de materiais semicristalinos não modificados.

Embora o ABS tenha apresentado boa resistência ao impacto, o PP com 15% de talco apresentou valor médio superior de energia absorvida. Esse resultado sugere que a incorporação da carga mineral influenciou positivamente a capacidade de dissipação de energia do material sob solicitações dinâmicas, evidenciando que modificações na formulação podem alterar significativamente o comportamento ao impacto quando comparadas ao polipropileno homopolímero.

O polipropileno com adição de carga mineral (talco) apresentou aumento da resistência ao impacto em relação ao polipropileno homopolímero. Esse comportamento pode estar associado à dispersão da carga mineral na matriz polimérica e à transferência

de tensões entre matriz e reforço, favorecendo mecanismos de dissipação de energia durante o impacto. Enquanto nos ensaios de tração e flexão foram observadas reduções de desempenho para o PP com talco, no ensaio de impacto verificou-se aumento da capacidade de absorção de energia, demonstrando a complexidade do desempenho estrutural desses sistemas poliméricos.

4.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE POLÍMEROS E METAIS EM APLICAÇÕES AUTOMOTIVAS

Tabela 4 - Propriedades mecânicas, densidade e pegada de carbono dos polímeros: PP Homopolímero, PP+15% Talco, ABS e ABS/PC e materiais metálicos.

Material	Densidade (g/cm^3)	Módulo de elasticidade (MPa)	Tensão máxima (MPa)	Módulo de Flexão (MPa)	Tensão à Flexão (MPa)	Impacto Charpy (kJ/m^2)	Pegada de carbono (kg CO_2/kg material)
PP Homopolímero	0,90	1607,43	25,93	901,30	20,84	23,78	~1,7
PP + 15% talco	0,99	971,48	12,06	490,95	11,73	159,20	~1,8
ABS	1,08	1991,53	34,37	1753,87	43,77	95,18	~ 3,8 – 4,5
ABS/PC	1,11	2548,40	54,37	2760,77	58,96	423,60	~ 5 – 6
Alumínio	2,70	~ 69000	~ 310	~69000	~310	~35-50	~ 11 – 16
Aço carbono	7,85	~ 200000	~ 565	~200000	~565	~80-200	~ 1,9 – 2,5

Fonte: Autora (2026); AZOM (2026a); AZOM (2026b); PlasticsEurope (2024); World Steel Association (2025).

Quando comparados aos materiais metálicos, os polímeros avaliados apresentam uma relação vantajosa entre desempenho e massa específica. Embora alumínio e aço carbono possuam valores significativamente superior de módulo de elasticidade e resistência mecânica, os materiais poliméricos apresentam densidades aproximadamente entre 2,4 e 8,7 vezes inferiores às dos materiais metálicos analisados, contribuindo para a redução da massa veicular. Além disso, os resultados de impacto demonstraram que o ABS/PC apresentou a maior capacidade de absorção de energia, seguido pelo PP com 15% de talco e pelo ABS. Esses resultados indicam potencial para aplicações sujeitas a solicitações dinâmicas e absorção de impacto, como para-choques, revestimentos internos e componentes de proteção. Sob a perspectiva ambiental, observa-se que alguns desses polímeros apresentam pegada de carbono superior à do aço carbono, especialmente ABS e ABS/PC. Entretanto, esse aumento relativamente moderado pode ser compensado pelos benefícios associados à redução de peso do veículo, à diminuição do consumo energético durante a operação e ao ganho em desempenho relacionado à absorção de impacto. Dessa forma, a substituição de componentes metálicos por materiais poliméricos relaciona-se à

busca de um equilíbrio entre resistência mecânica, redução de massa, desempenho funcional, segurança e sustentabilidade.

Além disso, a redução de massa influencia diretamente na diminuição das emissões associadas ao ciclo de vida automotivo, especialmente em veículos de combustão e veículos elétricos. Embora os metais permaneçam indispensáveis em componentes estruturais críticos, como chassis, colunas estruturais e longarinas, materiais poliméricos como PP, ABS e ABS/PC apresentam desempenho adequado para aplicações não estruturais e semiestruturais, incluindo painéis internos, revestimentos, consoles, suportes técnicos, acabamentos e componentes de absorção de impacto.

Do ponto de vista ambiental, observa-se que os materiais metálicos e poliméricos apresentam impactos distintos associados à produção e ao processamento industrial. A produção de alumínio primário apresenta elevada pegada de carbono devido aos processos de mineração, eletrólise e fundição, podendo atingir valores entre 11 e 16 kg CO_2/kg de material. O aço carbono, embora apresente pegada inferior ao alumínio, ainda demanda elevado consumo energético nos processos siderúrgicos, com emissões variando entre aproximadamente 1,9 e 2,5 kg CO_2/kg. Entre os polímeros convencionais, o ABS e a blenda ABS/PC apresentaram maiores pegadas de carbono quando comparados ao PP homopolímero, comportamento associado à maior complexidade de síntese, maior consumo energético de processamento e utilização de matérias-primas derivadas de estireno, acrilonitrila e policarbonato. O ABS apresentou pegada estimada entre 3,8 e 4,5 kg CO_2/kg, enquanto o ABS/PC apresentou valores entre aproximadamente 5 e 6 kg CO_2/kg.

Em contrapartida, materiais poliméricos sustentáveis com incorporação de conteúdo reciclado pós-consumo (PCR) apresentaram potencial significativo de redução dos impactos ambientais. O composto Revora PP PCR 150/20 apresenta pegada de carbono negativa, estimada em -0,36 kg CO_2/kg, conforme metodologia baseada na ISO 14067. Esse comportamento está associado à incorporação de material reciclado e à compensação parcial das emissões associadas ao ciclo produtivo. Além disso, materiais poliméricos apresentam elevada resistência à corrosão, maior flexibilidade de processamento e elevada liberdade de design, permitindo fabricação de componentes complexos com menor consumo energético quando comparado aos processos metalúrgicos convencionais.

Dessa forma, embora os materiais metálicos apresentem desempenho mecânico superior, a utilização estratégica de materiais poliméricos possibilita manter desempenho adequado para aplicações específicas sem comprometimento dos requisitos de segurança exigidos para componentes não estruturais.

5. CONCLUSÃO

Os resultados experimentais evidenciaram diferenças significativas no comportamento mecânico dos materiais analisados. A blenda ABS/PC apresentou os maiores valores de módulo de elasticidade, resistência à tração, resistência à flexão e absorção de energia no ensaio de impacto, demonstrando elevada rigidez estrutural e maior capacidade de suportar solicitações mecânicas. O ABS também apresentou desempenho mecânico superior ao polipropileno homopolímero, especialmente em relação à resistência mecânica e estabilidade dimensional. Nos ensaios de impacto, entretanto, o PP com 15% de talco apresentou capacidade de absorção de energia superior à do ABS, evidenciando que a incorporação da carga mineral influenciou positivamente o comportamento do material sob solicitações dinâmicas. Em contrapartida, o PP homopolímero apresentou comportamento mais dúctil e maior capacidade de deformação antes da ruptura.

Embora os materiais poliméricos apresentem propriedades mecânicas inferiores às dos metais tradicionalmente utilizados na indústria automotiva, como aço carbono e alumínio, sua baixa densidade, elevada relação resistência/peso e facilidade de processamento tornam esses materiais alternativas viáveis para aplicações automotivas não estruturais ou semiestruturais. Além disso, a redução de massa veicular proporcionada pelo uso de polímeros pode contribuir para maior eficiência energética e redução das emissões associadas ao consumo de combustível.

Por fim, sugere-se, como perspectiva futura, a realização de estudos complementares envolvendo envelhecimento acelerado, estabilidade térmica, análise morfológica e avaliação do efeito de diferentes teores de cargas minerais e compatibilizantes sobre o desempenho mecânico dos materiais, visando ampliar o potencial de aplicação desses sistemas poliméricos na indústria automotiva.

6. REFERÊNCIAS

ABIPLAST. Indústria automotiva avança no uso de plásticos reciclados. Disponível em: https://www.abiplast.org.br/noticias/industria-automotiva-avanca-no-uso-de-plasticos-reciclados/. Acesso em: 18 dez. 2026.

ALI, Mohammad. All About Polypropylene. Exir Polymer, 2023. Disponível em: https://exirpolymer.com/all-about-polypropylene/. Acesso em: 07 jan. 2026.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM G154 – Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Materials. West Conshohocken, 2023. Acesso em: 07 jan. 2026.

AZOM. Aluminium and Aluminium Alloys – Applications and Use. Disponível em: https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6636. Acesso em: 07 de jan. 2026.

AZOM. Carbon Steel: Properties, Production, Examples and Applications. Disponível em: https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6130. Acesso em: 07 de jan. 2026.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CANEVAROLO JR., Sebastião V. Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2006.

CANEVAROLO JR., Sebastião V. Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 3. ed. São Paulo: Artliber, 2013.

HARPER, Charles A. Handbook of Plastics, Elastomers and Composites. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

INEOS STYROLUTION. Automotive Interiors. Disponível em: https://www.ineos.com/businesses/ineos-styrolution/industries/automotive/interiors/. Acesso em: 12 fev. 2026.

INEOS STYROLUTION. Novodur® and Pulse® for Automotive Interior Applications. Disponível em: https://www.ineos-styrolution.com/product-stories/automotive-interior.html. Acesso em: 28 mar. 2026.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14067: Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification. Geneva, 2018.

MANO, Eloisa B.; BLÜCHE, Helena M. Introdução a Polímeros. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

MANO, Eloisa B.; MENDES, Luís C. Introdução a Polímeros. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

NETZSCH. ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene Copolymer). Disponível em: https://analyzing-testing.netzsch.com/pt-BR/polymers-netzsch-com/commodity-thermoplastics/abs-acrylonitrile-butadiene-styrene-copolymer. Acesso em: 29 mar. 2026.

ODIAN, George. Principles of Polymerization. 4. ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2004.

PHAM, Minh Quan et al. Effect of Talc on Mechanical Properties of Polypropylene Composites. Journal of Technical Education Science, 2018. Disponível em: https://jte.edu.vn/index.php/jte/article/view/299. Acesso em: 29 mar. 2026.

PLASTIC MAKERS. A Decreasing Footprint: A Review of Resin Life Cycle Inventory Data. Disponível em: https://plasticmakers.org/wp-content/uploads/2022/09/A-Decreasing-Footprint-LCI-HDPE-LDPE-LLDPE-PP-1.pdf. Acesso em: 29 mar. 2026.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Lightweight Materials for Cars and Trucks. Disponível em: https://www.energy.gov/eere/vehicles/lightweight-materials-cars-and-trucks. Acesso em: 04 abr. 2026.

INTERNATIONAL ALUMINIUM INSTITUTE. Primary Aluminium Greenhouse Gas Emissions Intensity. Disponível em: https://international-aluminium.org/statistics/greenhouse-gas-emissions-primary-aluminium/. Acesso em: 20 mai, 2026.

WORLD STEEL ASSOCIATION. Sustainability Indicators Report 2025. Disponível em: https://worldsteel.org/wider-sustainability/sustainability-indicators/. Acesso em: 20 mai. 2026