

# Poliamidas, Poliésteres e Termoplásticos Elastoméricos: uma Perspectiva Sustentável na Indústria Moderna

Haroldo Marcos  
DSM Plásticos de Engenharia

**Resumo:** polímeros extraídos de fontes fósseis, não biodegradáveis, são assunto cada vez mais em pauta. Seja por conta de descartes incorretos, do longo tempo que levam para se decompor no meio ambiente ou até mesmo pelo impacto socioambiental que esse tipo de material pode causar às gerações futuras. Isso nos faz indagar: como as tecnologias utilizadas por empresas do setor de polímeros têm feito surgir novos materiais? É possível oferecer soluções de menor impacto ambiental, mais resistência, mais segurança e custo menor? Ao longo deste artigo, exibiremos novos produtos e modelos de fabricação que podem tornar mais saudável e sustentável todo o caminho, que leva das grandes empresas até o consumidor final, os elementos presentes no dia-a-dia de pessoas no mundo todo.

**Palavras-chave:** *Polímeros, sustentabilidade, tecnologia, indústria.*

## Polyamides, Polyesters and Elastomeric Thermoplastics: a Sustainable Perspective in Modern Industry

**Abstract:** polymers extracted from fossile sources are an issue highlighted among debates in industry, for its incorrect discard, for the long period of time this material takes to decompose or even due to its unsustainable environmental footprint. This scenario makes the industry of polymers question how the available technology can be used to create new materials, and if it would be possible to offer safer and cheaper solutions with less environmental impact and more resistance. This article will expose new products and new industrial development models that can make the chain that leads from the companies to the consumer the elements present into present-day society worldwide more sustainable.

**Keywords:** *Polymers, sustainability, technology, industry.*

### Introdução<sup>[1]</sup>

O plástico, como é popularmente chamada grande parte dos polímeros, está em todo lugar. Basta olharmos à nossa volta. Não é exagero dizer que, hoje em dia, eles são materiais tão essenciais como os metais, o papel e a madeira. Os polímeros são utilizados em campos diversos e desconexos, que muitas vezes nos fogem à percepção. Pode-se encontrá-los em equipamentos de todos os tipos e na arquitetura. Por exemplo, na construção dos meios de comunicação, nas mais diversas etapas de fabricação dos meios de transporte, em instrumentos musicais, equipamentos da medicina e até mesmo em tintas, acessórios e demais elementos próprios das artes plásticas.

Entre as empresas de destaque nesse segmento de produção industrial, está a DSM. Fundada em 1902 como uma companhia de mineração de carvão, na Holanda, a DSM tem atividades cientificamente fundamentadas, de alcance global, nos ramos de saúde, nutrição e engenharia de materiais. Com foco em pesquisa, desenvolvimento e comercialização de insumos ligados às ciências da vida e dos materiais, a DSM alcança sucesso econômico, progresso ambiental e avanços sociais, com o intuito de criar negócios sustentáveis (Figura 1).

A corporação fornece para indústrias de ramos diversos como alimentícia, suplementos dietéticos, cuidados pessoais, rações para animais, produtos farmacêuticos, aparelhos médicos, acessórios automotivos, tintas, equipamentos elétricos e eletrônicos, equipamentos de proteção à vida, energias alternativas e biomateriais.

Com seus 22 mil funcionários, as vendas totais da DSM, anualmente, ultrapassam os €9 bilhões. No campo dos polímeros, a empresa tem produtos exclusivos, apresentados a seguir, caracterizados por alta resistência, excelente desempenho e características ecológicas que os torna um caminho viável para a produção industrial atual e futura (Figura 2).



Figura 1. Feike Sijbesma, CEO Global da DSM.

**Autor para correspondência:** Haroldo Marcos, DSM Plásticos de Engenharia, Rua Dr. Renato Paes de Barros, 717, 2º andar, Itaim Bibi, CEP 04530-001, São Paulo, SP, Brasil, e-mail: Haroldo.Marcos@dsm.com



**Figura 2.** Roelof Westerbeek, presidente mundial da DSM Plásticos de Engenharia.

### História do Uso e Aplicação de Alguns Polímeros<sup>[2,3]</sup>

De acordo com a história dos polímeros, um dos primeiros tipos a surgir foi aquele criado por John Wesley Hyatt em 1868 e batizado de *celluloid*, ou celuloide, nos Estados Unidos. O material foi obtido da mistura de piroxilina, extraída do algodão (um dos polímeros da natureza), de ácido nítrico e de cânfora. O celuloide tornou-se padrão em muitos mercados e foi o material do primeiro filme fotográfico criado por George Eastman, o fundador da Kodak, em 1884.

Em 1909, Lee Hendrik Baekland apresentou ao mundo os plásticos tecnicamente conhecidos como fenol-formaldeídos, os primeiros utilizados em escala mundial. A fama e a importância do polímero são devidas a sua propriedade de controlar e modificar as reações dos fenol-formaldeídos, de maneira que os produtos sejam formados sob calor e pressão.

Isso significou a possibilidade de torná-lo líquido ou, em outras palavras, derretê-lo e remoldá-lo, algo muito comum nos dias de hoje. Na década de 1920 surgiram os acetatos de celulose, uma opção mais segura em relação ao semelhante nitrato de celulose, bem como a ureia-formaldeído. Este último tornou-se relevante porque permitia o emprego de cores claras, bem mais atraentes para a indústria em relação às cores escuras, como preto e marrom, que surgiam do uso dos outros fenois. Também se tornou popular o cloreto de polivinil, PVC, chamado popularmente de “vinil”.

### Mas Quais são os Próximos Passos?<sup>[2,8]</sup>

À medida que novos materiais plásticos eram descobertos e comercializados, como o polietileno, diversos objetos passaram a ser moldados: utilidades domésticas, ferramentas, brinquedos e embalagens. Mas a verdade é que, com o tempo, tornaram-se cada vez mais claros os problemas ambientais causados por esses materiais. É fato conhecido que as fontes de extração dos polímeros fósseis e dos combustíveis, ambos derivados do petróleo, devem se esgotar em um futuro próximo.

Com esse cenário em mente, torna-se cada vez mais notável e necessária a pesquisa e a produção de polímeros biobaseados, que ofereçam menor impacto ambiental e, ao mesmo tempo, rentabilidade para os fabricantes e compradores do setor.

Dessa forma, a indústria de biopolímeros – provenientes de fontes como cana-de-açúcar, milho, celulose, quitina, entre outros - e de polímeros biodegradáveis, – cuja degradação dá-se por conta da ação de micro-organismos de ocorrência natural, como bactérias, fungos e algas – tem papel cada vez mais relevante no contexto da

sustentabilidade. Trata-se de uma tendência mundial que abrange todo tipo de produto. Este novo modelo de produção já possibilita a existência de computadores pessoais construídos sem sistemas baseados em cátodos frios (CCFL) e arsênico, ambos elementos venenosos presentes em muitas telas LCD. Hoje são também desenvolvidas telas de tecnologia LED sem mercúrio, ou vidro sem arsênico. Também são feitos sem compostos brominados (BFR) ou o polivinil clorídrico, o PVC, nos adesivos, chips, conectores, entre outros componentes.

Dessa forma, no meio industrial, um dos pensamentos mais conhecidos e adotados por empresas que procuram manter uma “pegada verde”, em alusão à pegada de carbono, é o princípio conhecido como “do berço ao berço” (*cradle to cradle*), criado por William McDonough e Michael Braungart.

O conceito, apresentado no livro *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things* (2002), trata da trajetória de um produto industrial, da fabricação, passando pelo consumo, até o descarte. O método *Cradle to Cradle* procura garantir que todos os componentes envolvidos possam ser reutilizados em outros processos industriais depois que os produtos são descartados - com uma diferença bastante importante em relação à reciclagem: não surge um produto igual ou inferior, como o papel reciclado, mas um produto novo, de igual ou superior qualidade. Esse novo não terá, obrigatoriamente, a mesma aplicação ou o mesmo mercado. Existe sim a preocupação de que o processo produtivo e os elementos envolvidos sejam ecologicamente corretos.

### Aplicações Modernas das Poliamidas<sup>[4]</sup>

Voltemos então ao mundo dos polímeros, para tratarmos de um dos compostos mais utilizados na indústria, em todo o mundo. Trata-se da poliamida, o popular *nylon* ou náilon, que sofreu diversas transformações desde que surgiu nos laboratórios em meados da década de 1930. Existem diversas especificações baseadas na composição polimérica do material, sendo os mais comuns o náilon 6, o 6/6 e o 6/12.

O náilon 6 é produzido por meio da policondensação de caprolactama. As aplicações são variadas e abrangem desde filmes para embalagens até carcaças de motor que necessitam de alta resistência ao calor. O nylon 6/6 é produzido pela policondensação do ácido adípico e da hexametilenodiamina. Trata-se de uma resina estabelecida na indústria de automóveis e de eletroeletrônicos, utilizada há mais de 50 anos. Tem boas propriedades térmicas e mecânicas, aliadas à durabilidade e à facilidade de processamento. É mais resistente a temperaturas de longo e curto prazo em relação ao náilon 6 e tem propriedades elétricas aperfeiçoadas, bem como as mecânicas. Entretanto, não tem a mesma resistência a impactos nem a mesma aparência exterior da poliamida 6. Atualmente, comercializa-se o náilon em diversas formas compostas: com fibras de vidro, com minerais, com retardantes de chamas e moderadores de impacto. O material pode ser encontrado na indústria automotiva em tubos de entrada, coberturas de motores, reservatórios, *canisters* a vapor, entre outros. A versatilidade do nylon também encontra espaço em eletroeletrônicos, como conectores, bobinas, molduras, laminados, e várias outras aplicações. Está também em utensílios, suportes, prateleiras e alavancas no setor mecânico industrial.

O nylon 6/12, por sua vez, é derivado da hexametilenodiamina e do ácido diabásico carbono-12, e conhecido por reter propriedades físicas, térmicas e elétricas em vários níveis de umidade. Tem boa estabilidade dimensional, resistência química e baixa absorção de umidade. Esse tipo de náilon também é comercializado com fibras de vidro e retardante de chamas, além de apresentar bom desempenho em ambientes altamente tolerantes à umidade e impermeabilidade.

Chamam atenção, no entanto, alguns materiais mais modernos presentes na indústria como a Poliamida 46, produzida exclusivamente pela DSM. Com alta resistência ao calor, hoje ela é fabricado nos Estados Unidos, Europa e Japão e, desde 1991, é certificada pelo ISO 9001. Tem uma temperatura de deflexão de calor de 285 °C, e temperatura de uso contínuo de 166 °C.

O encadeamento simétrico das cadeias desta poliamida concede um alto grau de cristalinidade e uma rápida velocidade de cristalização. Essa característica é um diferencial em relação a outros plásticos industriais, tais como as poliamidas 6, 6/6 e PPAs, quando é necessária uma alta resistência ao calor, a manutenção das propriedades mecânicas em temperaturas elevadas, resistência ao desgaste e à fricção. Outro ponto interessante desse náilon é seu processamento, bastante econômico, devido a uma vantagem de tempo cíclico. Pode-se dizer que o chamado Stanyl (Poliamida 46) preenche a lacuna entre os plásticos industriais convencionas, como o PA6 e o PA66 e poliésteres, além de materiais menos usuais como o LCP, polissulfonas e o PEEK.

Como as funções mecânicas apresentam um bom rendimento, as placas criadas com o Stanyl (Figura 3) podem ser mais finas, o que reduz o peso das peças e equipamentos. Isso também oferece maior liberdade de design. O processamento do Stanyl também é interessante por sua segurança e economia. Pode-se formatá-lo em moldes aquecidos por água a 80 °C, sem pós-tratamento, pois não libera faíscas, tanto em situações de alta temperatura de curta duração (ex: IR ou solda por ondulação), ou em designs *snap fit*. Tem boa atuação na indústria automobilística em sensores e conectores, válvulas de entrada de ar, fecho de cabos, peças de alternadores e motores de partida, entre outros. Na eletroeletrônica (Figura 4), pode compor montagens de superfície, conectores, disjuntores de circuito, fios e filamentos, peças de motor elétrico e partes de ferramentas. Na mecânica, rodas de transmissão, rolamentos e gaiolas de rolamento.



Figura 3. Aplicação do Stanyl em tensionadores de corrente automotivos.



Figura 4. Aplicação do Stanyl na indústria eletroeletrônica.

## Poliésteres Termoplásticos<sup>[7]</sup>

Também vale menção o poliéster termoplástico, obtido a partir de polibutadieno de tereftalato (PBT) e polietileno tereftalato (PET). O PBT é produto de uma reação de duas fases. A primeira consiste na transesterificação do DMT e butanodiol, à qual se segue um processo de policondensação. O PBT é um composto semicristalino, com ponto de fusão da fase cristalina à 223 °C, que pode ser fornecido pré-seco, em embalagens seladas, permitindo o uso diretamente de sua embalagem.

Os poliésteres são sensíveis ao ataque hidrolítico em temperaturas elevadas, ou seja, baixos níveis de umidade devem ser mantidos durante a injeção, moldagem e extrusão (recomenda-se um máximo de 0,03% de tolerância de umidade para o PBT e 0,02% para o PET). Entre as propriedades que fazem do PBT um produto diferenciado, estão a baixa absorção de umidade (máx. de 0,45%) durante imersão em água e uma resistência química superior por sua estrutura semicristalina. Isso significa que o PBT tem uma boa resistência química, inclusive uma boa resistência ao intemperismo.

## Elastômeros Termoplásticos<sup>[6]</sup>

São polímeros baseados nos poliésteres e, por isso, chamados de copoliésteres (COPE). Tem características de desempenho dos elastômeros, com as características de processamento dos termoplásticos, proporcionando benefícios tanto no processamento quanto na produtividade. Essas propriedades elastoméricas conservam-se superiores em baixas e altas temperaturas de uso contínuo e têm excelente reação à fadiga. Copoliésteres tem características bastante singulares por consistirem em uma alternância entre segmentos resistentes e flexíveis. Os resistentes são produzidos com polibutadieno tereftalato (PBT); os segmentos flexíveis são poliésteres amorfos, ou poliésteres simples. Suas propriedades incluem grande resistência a altas temperaturas de pico e ao impacto, até mesmo sob temperaturas abaixo de zero. Também apresenta alta resistência à abrasão e à rompimento, bem como em relação a produtos químicos e erosão. Tem aplicação garantida na indústria automobilística, em dutos de ar, capas de *airbag*, *body plugs*, guarda-pós CVJ e foles, e em *convoluted tubing*. Na eletroeletrônica, podem ser usados em fios e cabos, conectores de fixação, carcaças de amortecedores de vibração, entre outros. Também se aplicam em mangueiras, cintos, lacres, etc. Mas a utilização é ampla o suficiente para também serem encontrados em gazes e aventais médicos, curativos e até em fraldas.

Nesse ponto, a DSM também apresenta produtos com excelente performance e viabilidade ecológica. O Arnitel Eco (Figura 5) é um termoplástico de alto desempenho co-poliéster (TPC) feito com óleo renovável de canola ao invés de óleo mineral. O material foi projetado para uma vida útil longa mesmo sob condições extremas, e é adequado para aplicações em móveis, eletrodomésticos, esportes e lazer, parte interna e externa de veículos, energia alternativa e embalagens especiais. Derivados do óleo de canola funcionam como um dos pilares estruturais do produto. Essa característica tem um efeito positivo quando se observa o total de gases do efeito estufa emitidos na produção do Arnitel Eco.

Obviamente, calcula-se o tamanho dos benefícios a partir da quantidade do óleo de canola usado em sua produção, mas a estimativa é que são emitidos cerca de 40% menos gases poluentes do que na produção do copoliéster clássico. Para se ter uma ideia, se todo copoliéster do mundo fosse feito pelo método que se produz o Arnitel Eco, teríamos economizado o suficiente, em monóxido de carbono, para darmos a volta ao mundo de carro 34 mil vezes, ou economizaríamos a pegada anual de carbono de 18 mil pessoas na Europa Ocidental. Também significa € 2,5 milhões em créditos de carbono.



**Figura 5.** Aplicação do Arnitel Eco na indústria alimentícia.

### PA 410<sup>[5]</sup>

A poliamida PA410 também surge como uma opção verde dentro do universo dos náilons. Trata-se de um material biobaseado, de alta performance. Cerca de 70% de sua base estrutural vem do óleo de mamona que, como vegetal, constitui uma fonte renovável. Esse tipo de poliamida, produzida e comercializada pela DSM com o nome de EcoPaxx, apresenta boa resistência química e alto ponto de fusão (por volta dos 250 °C), além de baixa absorção de umidade. A empresa também produz e comercializa o Palapreg ECO (P55-01), resina para carroceria de carros, como painéis exteriores, um produto também biobaseado. Em sua composição estão cerca de 55% de recursos renováveis.

### Conclusão

Materiais ecologicamente corretos, que oferecem alternativas reais de lucro e produtividade para a indústria, já são uma realidade. Entretanto, precisam passar de uma alternativa discursiva e secundária para se transformar em prioridade. O motivo para essa

tomada de decisão é ao mesmo tempo claro e preocupante. A busca por desenvolvimento sustentável será a principal tendência nas próximas décadas - se já não é a tendência desta em que vivemos. O mundo logo enfrentará o desafio de acomodar nove bilhões de pessoas, todas desejando viver de maneira saudável e próspera. Portanto, é essencial encontrarmos soluções para combater a escassez de água e alimentos, oferecer segurança e obter solução para outros problemas. É necessário trabalharmos com produtos que, ao longo de todo seu ciclo de vida, ofereçam benefícios de menor impacto ambiental. Tecnologias, iniciativas, programas e incentivos para isso já existem, e devem ocupar cada vez mais espaço na cadeia econômica global.

### Referências Bibliográficas

1. Brito, G. F.; Agrawal, P.; Araújo, E. M. & Mélo, T. J. A. - REMAP, **6.2**, p.127 (2008). Disponível em: <<http://www.dema.ufcg.edu.br/revista/index.php/REMAP/article/viewFile/222/204>>.
2. The Plastic Industry Trade Association. - "History of Plastics", Washington. Disponível em: <<http://www.plasticsindustry.org/AboutPlastics/content.cfm?ItemNumber=670>>.
3. University of Rochester. - "George Eastman Papers", Rochester. Disponível em: <<http://www.lib.rochester.edu/index.cfm?page=864>>.
4. DSM Engineering Plastics - "Stanyl". Disponível em: <[http://www.dsm.com/en\\_US/downloads/dep/StanylIntroduction.pdf](http://www.dsm.com/en_US/downloads/dep/StanylIntroduction.pdf)>.
5. DSM Engineering Plastics. - "DSM introduces bio-based performance materials for automotive industry" (2010). Disponível em: <[http://www.dsm.com/en\\_US/cworld/public/media/downloads/19e\\_10\\_dsm\\_launches\\_bio\\_based\\_performance\\_materials\\_for\\_automotive\\_industry.pdf?fileaction=openFile](http://www.dsm.com/en_US/cworld/public/media/downloads/19e_10_dsm_launches_bio_based_performance_materials_for_automotive_industry.pdf?fileaction=openFile)>.
6. DSM Engineering Plastics. - "Arnitel Eco, Environmental Product Declaration" (2011). Disponível em: <[http://www.dsm.com/le/en\\_US/arnitel/downloads/ArnitelEco\\_brochure.pdf](http://www.dsm.com/le/en_US/arnitel/downloads/ArnitelEco_brochure.pdf)>.
7. DSM Engineering Plastics. - "Arnite". Disponível em: <[http://www.dsm.com/en\\_US/html/dep/arnite.htm](http://www.dsm.com/en_US/html/dep/arnite.htm)>.
8. McDonough, W. & Braungart, M. - "Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things", North Point Press, New York (2002).