
O conceito de massa molecular e as propriedades dos polímeros.

CATEGORIA

Artigo

CITAÇÃO

Paula, V. (2026)

O conceito de massa molecular e as propriedades dos polímeros,

Rev. Ciência Elem., V14(01):004.

doi.org/10.24927/rce2026.004

EDITOR

João Nuno Tavares

Universidade do Porto

EDITORES CONVIDADOS

Paulo Ribeiro-Claro, Mariela M. Nolasco

Universidade de Aveiro

RECEBIDO EM

19 de março de 2026

ACEITE EM

19 de março de 2026

PUBLICADO EM

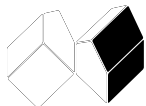
15 de março de 2026

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2026.

Este artigo é de acesso livre, distribuído sob licença Creative Commons com a designação [CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite a utilização e a partilha para fins não comerciais, desde que citado o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



Vinícius de Paula

CICECO – IMA/ DQ/ U. Aveiro

Os polímeros distinguem-se de outras moléculas de pequena dimensão por serem macromoléculas constituídas por unidades de repetição ligadas entre si em cadeias longas. No entanto, numa amostra real de polímero, nem todas as cadeias têm o mesmo comprimento, o que significa que não existe uma única massa molecular capaz de descrever completamente o material. Por essa razão, recorre-se ao conceito de massa molecular média, em particular à massa molecular média numérica e à massa molecular média ponderal. Estas grandezas são fundamentais para compreender o comportamento dos polímeros, uma vez que influenciam propriedades físicas e mecânicas como a viscosidade, a resistência e a deformabilidade.

Os polímeros são macromoléculas formadas pela repetição de unidades estruturais ao longo de uma cadeia. Estas unidades de repetição resultam, em muitos casos, da transformação química de monómeros; isto é, moléculas de menor dimensão que reagem e se ligam entre si para dar origem a oligómeros (espécies de dimensão intermédia), e eventualmente ao polímero (quando as cadeias já são significativamente grandes).

Ao contrário das moléculas pequenas, que possuem uma massa molecular bem definida, os polímeros são normalmente constituídos por cadeias de diferentes comprimentos. Esta característica é uma das razões pelas quais a sua descrição exige conceitos próprios. Numa amostra de um polímero sintético, como o poli(tereftalato de etileno) (PET, do inglês *poly (ethylene terephthalate)*), o poliestireno ou o poli (cloreto de vinilo) (PVC, do inglês *poly (vinyl chloride)*), coexistem geralmente cadeias curtas, médias e longas. Embora todas sejam quimicamente semelhantes, diferem no número de unidades de repetição que contêm. Assim, quando se pergunta qual é a massa molecular de um polímero, a resposta não pode ser dada por um único valor absoluto, como acontece para uma molécula mais simples. Em vez disso, é necessário recorrer a médias que representem a distribuição de tamanhos das cadeias presentes.

Uma das grandezas mais utilizadas é a massa molecular numérica média, habitualmente representada por \bar{M}_n . Esta média resulta de considerar o número de moléculas existentes para cada tamanho de cadeia, atribuindo o mesmo peso estatístico a cada molécula. Em termos simples, \bar{M}_n corresponde à média aritmética das massas moleculares das cadeias presentes. É, por isso, uma medida útil para descrever o tamanho médio das moléculas de uma amostra polimérica e para controlar parâmetros como o ajuste da estequiometria em reações de polimerização.

Outra grandeza importante é a massa molecular ponderal média, representada por \bar{M}_w . Neste caso, as cadeias de maior massa molecular contribuem mais fortemente para o valor final. Isso significa que \bar{M}_w é particularmente sensível à presença de moléculas longas, mesmo que estas não sejam as mais numerosas. Como as cadeias maiores tendem a influenciar de forma marcante o comportamento global do material, é muitas vezes considerada mais representativa em termos de propriedades físicas.

A diferença entre \bar{M}_n e \bar{M}_w mostra que um polímero não deve ser entendido como um conjunto de moléculas todas iguais, mas sim como uma população de cadeias com vários comprimentos. Quando todas as cadeias têm exatamente o mesmo tamanho, diz-se que o polímero é monodisperso, e nesse caso verifica-se que $\bar{M}_n = \bar{M}_w$. Contudo, a maioria dos polímeros obtidos industrialmente é polidispersa; isto é, apresenta uma distribuição de massas moleculares. Essa distribuição pode ser mais estreita ou mais larga, dependendo do processo de síntese e das condições de polimerização, e quanto mais larga, maior a razão entre \bar{M}_w e \bar{M}_n , e maior o índice de polidispersividade (PI).

Como se pode verificar no exemplo da FIGURA 1, para um sistema constituído por $N = 1$ homem ($M = 100$ kg) e os seus ($N = 2$) cães ($M = 1$ kg) a média ponderada é mais realista. Isto é, fica mais perto da massa real do sistema, uma vez que a massa dos cães é praticamente desprezável neste contexto.

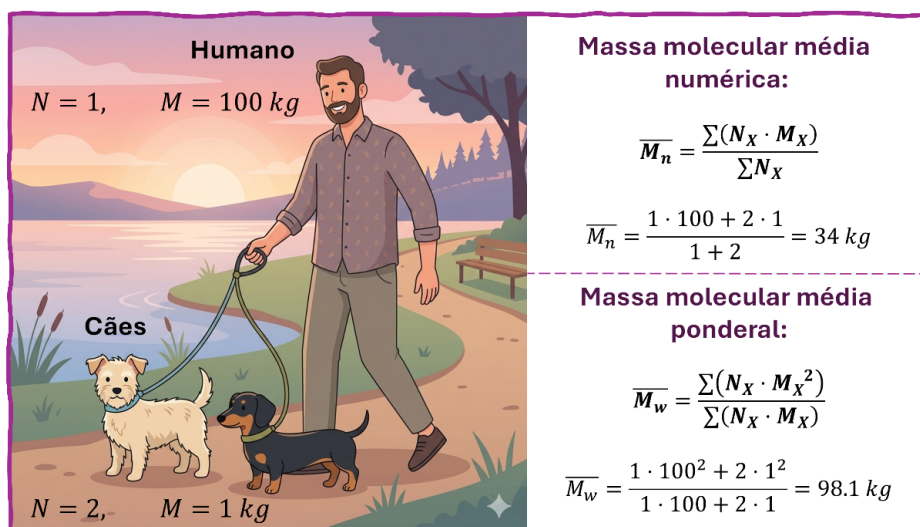


FIGURA 1. Exemplo ilustrativo da diferença entre o valor a massa molecular numérica (\bar{M}_n) e a massa molecular média ponderal (\bar{M}_w) para um sistema constituído por $N = 1$ homem de $M = 100$ kg e $N = 2$ cães de $M = 1$ kg.

O facto de os polímeros apresentarem diferentes massas moleculares não é apenas uma curiosidade estatística: tem consequências muito concretas nas suas propriedades. Em geral, à medida que a massa molecular aumenta, as cadeias tornam-se mais longas e mais propensas a entrelaçar-se. Esses entrelaçamentos dificultam o movimento relativo das cadeias e tornam o material mais coeso. Como resultado, a resistência mecânica tende a aumentar e o material pode suportar maiores deformações antes de fraturar, como ilustrado na FIGURA 2.

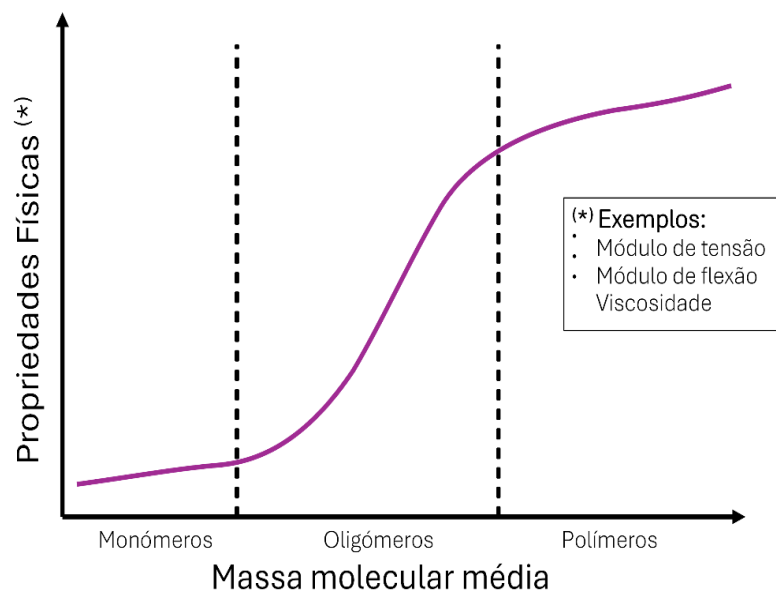


FIGURA 2. Relação entre a massa molecular média e as propriedades físicas dos polímeros.

A massa molecular também influencia fortemente a viscosidade. Um polímero com cadeias mais longas escoam com maior dificuldade, quer em solução, quer depois de fundido. Esta relação é particularmente importante no processamento de materiais plásticos, por exemplo em operações de extrusão, moldação por injeção ou formação de fibras. Um aumento da massa molecular pode melhorar certas propriedades mecânicas, mas também pode dificultar o processamento, exigindo temperaturas mais elevadas ou maiores esforços mecânicos. Por outro lado, a presença de uma mistura de cadeias de diferentes comprimentos pode ser benéfica. Cadeias mais curtas podem facilitar o movimento das cadeias maiores, atuando como lubrificante, e contribuindo para ajustar o equilíbrio entre rigidez, processabilidade e resistência. Assim, não é apenas o valor médio da massa molecular que importa, mas também a forma como essa massa se distribui entre as várias cadeias presentes na amostra.

As propriedades dos polímeros dependem, naturalmente, de outros fatores para além da massa molecular. A estrutura química da unidade de repetição, o grau de ramificação, a presença de reticulações, a organização estereoquímica e a maior ou menor cristalinidade influenciam igualmente o comportamento do material. Ainda assim, a massa molecular média continua a ser um dos conceitos mais fundamentais em ciência dos polímeros, porque estabelece uma ponte direta entre a escala molecular e as propriedades observadas à escala macroscópica. Mais do que simples números, estas grandezas permitem perceber porque é que dois materiais com composição química semelhante podem exibir comportamentos muito diferentes.

BIBLIOGRAFIA

¹ PAINTER, P. C. & COLEMAN, M. M., *Fundamentals of Polymer Science: An Introductory Text*, 2nd ed., Technomic Publishing Company: Lancaster, 1997.