

CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA NA REGIÃO DA VISCOELASTICIDADE LINEAR DE POLÍMEROS TENACIFICADOS

REINALDO, Juciklécia S.¹; DAMASCENO, Igor Z.^{1M}; LIRA, Margareth N.S.^{1C};
UEKI, Marcelo M.²; ITO, Edson N.¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, Rio Grande do Norte. juciengmat@gmail.com, igorzumba@gmail.com, mnsaira@gmail.com, ito@ufrnet.br

² Universidade Federal de Sergipe, UFS, São Cristóvão, Sergipe. mm_ueki@yahoo.com.br

RESUMO

Os copolímeros multifásicos tenacificados com elastômeros são bastantes utilizados em diversas aplicações tecnológicas, devido às suas propriedades finais diferenciadas. O objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento reológico na região da viscoelasticidade linear de diferentes copolímeros comerciais com partículas elastoméricas: o poli(metacrilato de metila) elastomérico (PMMA_e), o copolímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e o copolímero metacrilato de metila-butadieno-estireno (MBS). Os resultados reológicos a baixas frequências na região de viscoelasticidade linear mostraram que houve uma mudança significativa no comportamento reológico em relação aos copolímeros PMMA_e, ABS e MBS, que está relacionado com a presença da fase elastomérica corroborando com os resultados morfológicos obtidos para esses materiais.

PALAVRAS-CHAVE: Copolímeros, reologia, viscoelasticidade linear.

1. INTRODUÇÃO

A tenacificação de polímeros termoplásticos pela incorporação de partículas dispersas de borracha é de grande importância em diversas aplicações industriais. Esse processo promove a modificação nas propriedades de polímeros frágeis, que pode ser realizada a partir da síntese de novos monômeros pelo processo de copolimerização ou por meio da mistura física de polímeros já existentes, obtendo uma blenda polimérica tenacificada.¹

As propriedades de uso final desses materiais multifásicos tenacificados dependem do estado de dispersão/distribuição das partículas de borracha na matriz polimérica, dentre essas propriedades que são influenciadas se enquadram as propriedades reológicas, que são controladas pelo histórico de deformação envolvido durante a mistura mecânica no estado fundido.²

Nos estudos reológicos desenvolvidos com poliméricos multifásicos tais como: os copolímeros em bloco ou tenacificados com elastômeros, as mudanças nas propriedades viscoelásticas sob cisalhamento oscilatório de pequena amplitude mostram um aumento da elasticidade em baixas frequências que está relacionada ao módulo de armazenamento (G') e um longo processo de relaxamento devido a presença da fase elastomérica.³ Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento reológico de diferentes copolímeros acrílicos e estirênicos comerciais contendo partículas elastoméricas.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados, o poli(metacrilato de metila) homopolímero LEP-100 (PMMA_h) (MFI = 3,8 g/10 min, ASTM D 1238) da Unigel; PMMA com elastômero ECP-800 (PMMA_e) (MFI = 1,1 g/10 min, ASTM D 1238) da Unigel; o copolímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) Terluran GP 35 (MVI = 3,1 cm³/10 min, ASTM D 1238) e o copolímero metacrilato de metila-butadieno-estireno (MBS) Zylar 650 (MVI = 4cm³/10min, ISO 1133) da empresa Ineos Styrolution.

O comportamento reológico dos polímeros foi analisado em um reômetro de cisalhamento oscilatório com geometria de placas paralelas ($d = 25\text{mm}$), modelo MCR 302 da Anton Paar. Os ensaios reológicos foram realizados dentro do intervalo na região de viscoelasticidade linear, a temperatura de 220°C, na faixa de frequência de 600 a 0,01 rad/s, com amplitude de deformação constante de 2%.

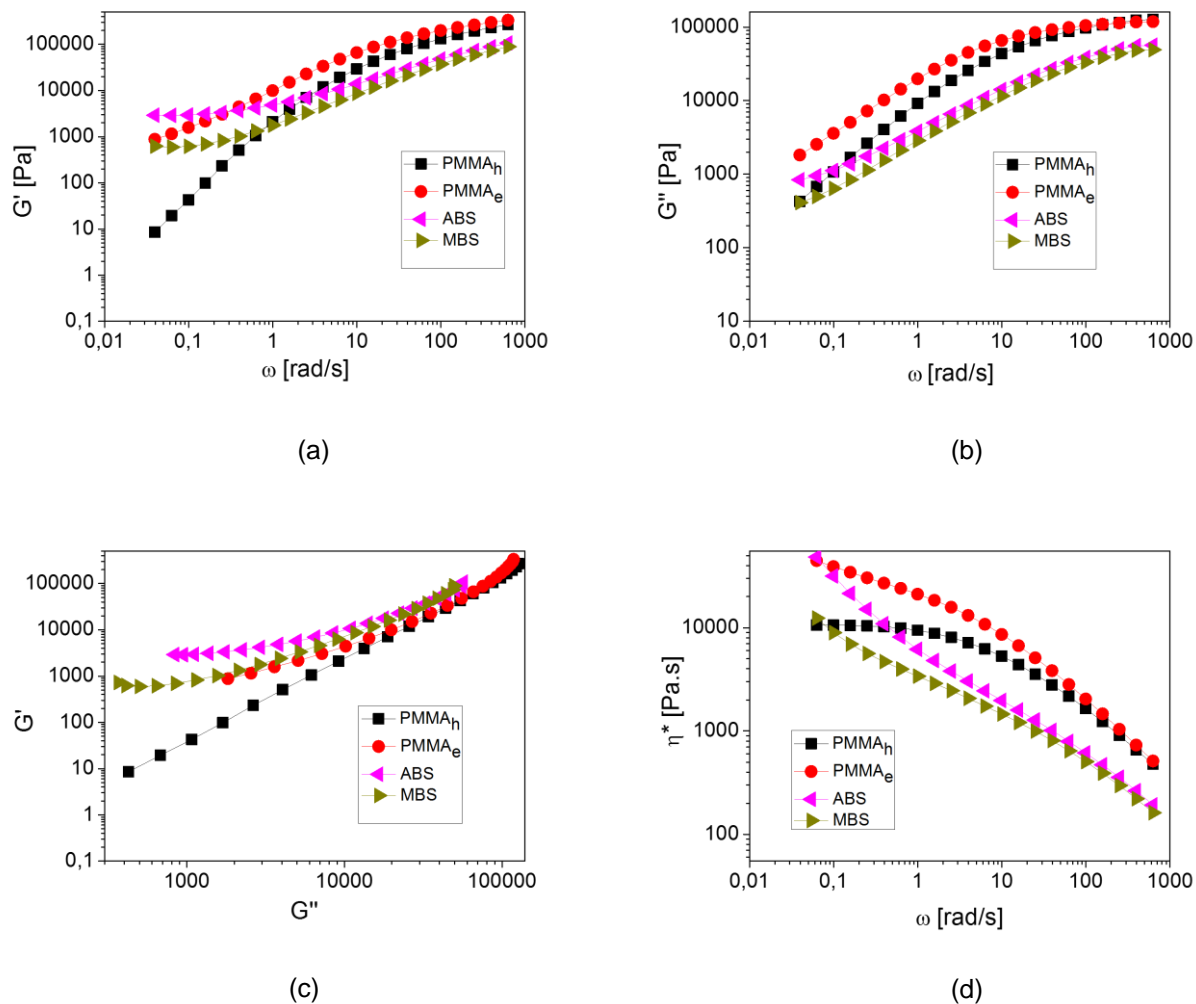
A caracterização morfológica foi realizada nas amostras após serem submetidas aos ensaios de reometria de placas paralelas. As amostras foram crio- fraturadas em nitrogênio líquido, recobertas com ouro e analisadas em um microscópio eletrônico de varredura modelo Auriga da Zeiss, operado a 3 kV com filamento de LaB₆.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados reológicos obtidos para os módulos de armazenamento (G'), módulos de perda (G'') vs. frequência angular ω , viscosidade complexa (η^*) vs. frequência angular (ω) e gráficos de Han (G' vs. G'') são apresentados na Figura 1 (a, b, c, d). A presença de mais de uma fase nos polímeros multifásicos influenciou no comportamento reológico desses materiais. O PMMA_h não tenacificado foi usado para fins comparativos, e apresentou comportamento reológico típico de homopolímero com inclinações na região terminal para a curva de G' igual a 2 e G'' igual a 1 e curvas lineares para os gráficos de Han (Figura 1(c)) como observado por Han.⁴ Entretanto, os copolímeros PMMA_e, o ABS e o MBS apresentaram mudanças significativas na região terminal nas curvas G' vs. ω , G'' vs. ω e no gráfico de Han ($\log G'$ vs. $\log G''$), devido a presença da fase elastomérica. As diferenças nas inclinações das curvas reológicas desses copolímeros estão relacionadas com o aumento da elasticidade causada pela presença do elastômero.

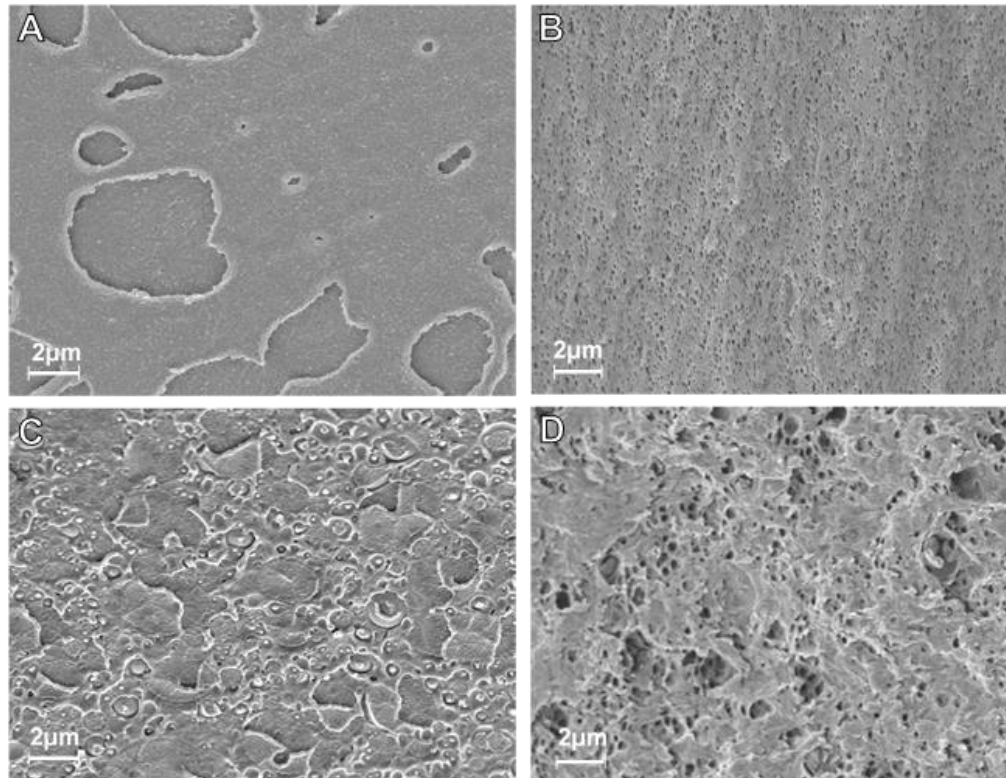
Os resultados da viscosidade complexa exibiram diferenças entre os materiais analisados. O PMMA_h apresentou comportamento Newtoniano a baixas frequências (Figura 1(d)), porém o PMMA_e, ABS e MBS não apresentaram comportamento Newtoniano na faixa de frequência analisada. A ausência do platô Newtoniano a baixas frequências para os copolímeros com fase elastomérica pode ser atribuída aos processos de relaxamento lento da fase borrachosa.²

Figura 1: Comportamento reológicos dos polímeros. (a) (G') vs. ω , (b) (G'') vs. ω , (c) (η^*) vs. ω , (d) G' vs. G'' .



A Figura 2 mostram as fotomicrografias dos polímeros estudados. Em relação ao PMMA_h e o PMMA_e foi possível verificar diferenças morfológicas entre os dois tipos de PMMA. No copolímero tenacificado PMMA_e observou-se a presença de partículas elastoméricas do tipo *core shell* com diâmetro uniforme, como já observado por Reinaldo et al.³ utilizando outras técnicas de microscopia. O MBS e o ABS apresentaram morfologia com a presença da fase elastoméricas com dois tamanhos de partículas. As morfologias corroboraram com as propriedades reológicas (G' e G'') analisadas para esses copolímeros, com diferenças significativas no comportamento microrreológico na comparação entre o homopolímero de cadeia linear flexível e os copolímeros com fase elastomérica.

Figura 2: Morfologia dos polímeros obtidas por MEV: (A) PMMA_h, (B) PMMA_e, (C) MBS, (D) ABS.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível verificar as mudanças no comportamento reológico e morfológico para os diferentes tipos de copolímeros tenacificados. O comportamento reológico para esses sistemas multifásicos é complexo principalmente quando se tem a presença de uma fase elastomérica, que altera o comportamento das curvas observadas nos gráficos de G' , G'' vs. ω , η^* vs. ω , G' vs. G'' para estes materiais.

Agradecimentos

A empresa INEOS Styrolution pela doação do MBS.

5. REFERÊNCIAS

1. C.B. Bucknall, *Toughened Plastics*, 1ª ed. Applied Science Publishers, London, 1977.
2. M. Bousmina; R. Muller, *Rheol Acta*, 1996, 35, 369.
3. J.S. Reinaldo; L.M. Pereira; E.S. Silva; M.M. Ueki; E.N. Ito, *Polym Test*, 2018, 67, 257.
4. C.D. Han, *Rheology and processing of polymeric materials*, Vol 1. Oxford University Press, New York, 2007.