Gestão:

Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E TRIBOLÓGICA DE ELASTÔMEROS PARA APLICAÇÃO EM SISTEMAS DE HIDROGÊNIO

Silva, D. F. F.[1]; Alves, S. M.[2]

. [1] Bolsista do PRH-ANP 25, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal – RN. E-mail: deryky.flavio.091@ufrn.edu.br

[2] Docente do Programa de pós graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal – RN. E-mail: salete.alves@ufrn.edu.br

prh anp 25 – ECT/UFRN

Resumo: Este trabalho apresenta a caracterização mecânica e tribológica preliminar dos elastômeros NBR e FKM (Viton), visando estabelecer uma referência para posterior avaliação dos efeitos da exposição ao hidrogênio. Foram realizados ensaios de dureza, tração, rasgo, deformação permanente por compressão e pino-sobre-disco, complementados por análises de microscopia óptica e MEV. Os resultados evidenciaram comportamentos distintos entre os elastômeros em função da solicitação mecânica e da temperatura, além de diferentes mecanismos de desgaste superficial. Esses resultados constituem a condição de referência para comparação com materiais posteriormente envelhecidos em ambiente pressurizado contendo hidrogênio.

Palavras-chave: Elastômeros; NBR; FKM; Caracterização mecânica; Tribologia.

INTRODUÇÃO

A crescente utilização do hidrogênio como vetor energético impõe desafios à integridade e à confiabilidade dos sistemas de vedação, especialmente devido às condições de pressão e à interação do gás com materiais poliméricos [1,2]. Elastômeros como NBR e FKM são empregados em elementos de vedação por apresentarem características específicas de resistência mecânica, elasticidade e estabilidade química [1,3]. Entretanto, alterações na dureza, resistência à tração e ao rasgo, deformação permanente por compressão e comportamento tribológico podem comprometer o desempenho e a vida útil desses componentes [1,2,4]. Nesse contexto, a caracterização mecânica, tribológica e morfológica desses materiais constitui uma etapa fundamental para estabelecer uma condição de referência e, posteriormente, avaliar os efeitos da exposição ao hidrogênio [1–4].

METODOLOGIA

Foram avaliados os elastômeros NBR e FKM (Viton) por meio de ensaios mecânicos e tribológicos. A dureza Shore A (ASTM D2240) foi determinada em triplicata (Fig. 1). Os ensaios de tração (ASTM D412) e resistência ao rasgo (ASTM D624) foram realizados em máquina universal de ensaios Shimadzu, utilizando corpos de prova padronizados (Figs. 3 e 4). A deformação permanente por compressão (ASTM D395) foi avaliada sob condições controladas de compressão e temperatura (Fig. 2). A caracterização tribológica foi realizada por pino-sobre-disco (ASTM G99), utilizando discos de NBR e Viton em contato com pinos de aço AISI 1045 e API X70. Após os ensaios, as trilhas de desgaste foram analisadas por microscopia óptica e MEV, visando à caracterização morfológica e à identificação dos mecanismos de desgaste (Figs. 5 e 6).

RESULTADOS E CONCLUSÕES

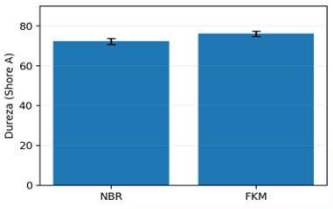


Figura 1 – Dureza Shore (A) dos elastômeros NBR e Viton, determinada conforme ASTM D2240.

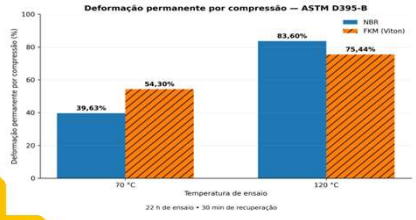


Figura 2 – Deformação permanente por compressão de NBR e Viton a 70 e 120 °C, conforme ASTM D395.



Figura 3 – Curvas tensão–deformação de engenharia dos elastômeros NBR e Viton obtidas conforme ASTM D412.



Figura 4 – Resistência ao rasgo de NBR e Viton determinada conforme ASTM D624.



Figura 5 – Caracterização da trilha de desgaste do NBR por microscopia óptica e MEV, evidenciando deformação por cisalhamento, arrancamento localizado de material (*pull-out*), debris de desgaste e microfissuras.

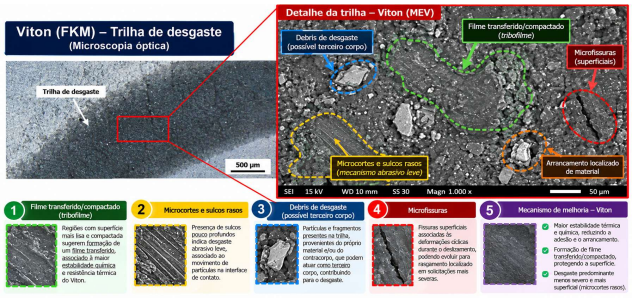


Figura 6 – Caracterização da trilha de desgaste do **Viton** por microscopia óptica e MEV, evidenciando regiões de material compactado/transferido, microcortes e sulcos superficiais, debris de desgaste, microfissuras e arrancamento localizado.

CONCLUSÕES

Os resultados evidenciaram comportamentos mecânicos e tribológicos distintos entre os elastômeros NBR e Viton, demonstrando que o desempenho relativo dos materiais depende da propriedade avaliada e da condição de solicitação. Nos ensaios de tração, o Viton apresentou tensão máxima média aproximadamente 16% superior e deformação na ruptura cerca de 77% maior que o NBR, indicando maior capacidade de deformação antes da ruptura. Em contrapartida, o NBR apresentou resistência média ao rasgo aproximadamente 20% superior, evidenciando maior resistência à propagação do rasgo nas condições avaliadas.

A deformação permanente por compressão apresentou forte dependência da temperatura. A 70 °C, o NBR apresentou deformação aproximadamente 27% inferior à do Viton; entretanto, a 120 °C, ocorreu inversão desse comportamento, com o Viton apresentando valor cerca de 10% inferior ao NBR. Esse resultado evidencia que a resposta à compressão não deve ser analisada independentemente da temperatura de operação.

A caracterização das trilhas por microscopia óptica e MEV revelou mecanismos de desgaste envolvendo deformação por cisalhamento, arrancamento localizado de material (*pull-out*), formação e acumulação de debris e microfissuração. No Viton, também foram observadas regiões de material compactado/transferido e microcortes superficiais, indicando diferenças na evolução morfológica do contato em relação ao NBR. Em conjunto, os resultados demonstram que NBR e Viton apresentam vantagens distintas conforme o tipo de solicitação, reforçando a necessidade de uma avaliação integrada das propriedades mecânicas e tribológicas para a seleção do elastômero.

REFERÊNCIAS