

Graftização de Etileno Acetato de Vinila (EVA) com anidrido maleico: Influência do teor de peróxido na funcionalização do EVA

Isabela R. Mattos^{1,2}, Camila Kurkowski², Ruth M. C. Santana²

¹*Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. (isabela.rosa@ufrgs.com)*

²*Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.*

Resumo: Este trabalho avalia a graftização do EVA com anidrido maleico e a influência do teor de peróxido na funcionalização do copolímero. O processo foi realizado em câmara de mistura do tipo Haake, monitorando o torque durante a mistura. Os materiais obtidos foram caracterizados por FTIR, ângulo de contato e ensaio mecânico de adesão, visando correlacionar o teor de peróxido com modificações químicas, superficiais e no comportamento reológico do EVA graftizado.

Palavras-chave: EVA; anidrido maleico; peróxido; graftização

INTRODUÇÃO

Os copolímeros de etileno acetato de vinila (EVA), são termoplásticos amplamente utilizados na indústria. Suas principais aplicações são em embalagens de alimentos, filmes agrícolas e na indústria calçadista (Luna et.al., 2021). Esses polímeros podem apresentar concentrações de acetato de vinila entre 5% a 50%, sendo assim um elastômero termoplástico (Muller et. al., 2006).

O copolímero EVA tem como características principais a sua alta flexibilidade, transparência e resistência ao impacto. Tais propriedades e características têm relação direta com a concentração de acetato de vinila em sua cadeia, fazendo com que o polímero que contém menor concentração de acetato de vinila seja mais rígido e tenha menor resistência a impacto (Moura et. al., 2011). Ainda assim, o EVA possui limitações em suas aplicações, consequência de sua baixa polaridade e energia superficial, o que resulta em uma superfície hidrofóbica, dificultando sua aderência em diversos substratos (Aglietto et al., 1994). Essa característica físico-química é o principal fator para a sua baixa capacidade de adesão, uma vez que há uma quantidade limitada de grupos funcionais reativos, impedindo a formação de interações químicas fortes, como ligações covalentes (Pesneau et al., 2004). Tendo em vista tais limitações do EVA, a modificação química, pelo método de enxertia do monômero por fusão, vem tornando-se uma solução para a introdução de grupos polares, favorecendo as ligações covalentes, desta forma aumentando significativamente a afinidade interfacial e a força de colagem do polímero (Zanetti et al., 2002; Jansen, Gomes & Soares, 1996). A graftização do EVA, também chamada de funcionalização, tem o objetivo

de modificar suas propriedades químicas, mecânicas e reológicas, ampliando suas possibilidades de aplicação. Para finalidades comerciais a funcionalização de copolímeros com anidrido maleico (AM) vem apresentando melhores resultados no processo de fusão (Bluma e Rodrigo, 1999), utilizando o anidrido maleico como agente funcionalizante e peróxido como iniciador radicalar (Carlota et. al 1998).

Peróxidos orgânicos são amplamente utilizados na modificação química de polímeros por atuarem como agentes iniciadores de reações radiculares. Quando submetidos ao aquecimento, esses compostos se decompõem e geram radicais livres capazes de ativar cadeias poliméricas, permitindo reações como reticulação ou enxertia de grupos funcionais (Zhang et al., 2008). No processo de reação por fusão do EVA com anidrido maleico, na presença de peróxido, o teor de iniciador adicionado à mistura influencia diretamente o mecanismo reacional (Stelescu et al., 2012). Esse processo pode resultar tanto na enxertia do anidrido maleico na cadeia do copolímero quanto em reações indesejadas, como reticulação e degradação do EVA (Carlota et al., 1998, Stelescu et al., 2012).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência do teor de peróxido na graftização do copolímero etileno-acetato de vinila com anidrido maleico, realizada em câmara de mistura de tipo Haake. Busca-se analisar as transformações reológicas durante o processamento, a partir dos valores de torque obtidos durante a mistura, os quais permitem inferir alterações na viscosidade do sistema e na estrutura molecular do polímero ao longo do processo de graftização. As modificações obtidas através da graftização do EVA,

como nas propriedades químicas e de superfície são avaliadas por meio de análises de FTIR-ATR, ângulo de contato e ensaio mecânico de adesão, *peel test*.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho, foi utilizado uma amostra de EVA, na forma de pellets, contendo 28% de acetato de vinila, com índice de fluidez de 0,12 g/10 min (190 °C/2,16 kg). O anidrido maleico (AM), em pó, foi empregado como agente funcionalizante. Como iniciador radicalar da reação, utilizou-se o peróxido Trigonox [2,5-dimetil-2,5-di(terc-butilperóxi) hexano].

- Preparação do EVA graftizado

A graftização do EVA com anidrido maleico foi realizada em câmara de mistura interna do tipo Haake, por meio da reação do anidrido maleico na presença do peróxido Trigonox, atuando como iniciador radicalar. O processamento na Haake teve duração total de 8 minutos, sob temperatura de 150 °C e velocidade de 30 rpm, utilizando 50 g de amostra. O processamento ocorreu de forma sequencial, com a adição do EVA no tempo inicial (t = 0). Após 2 minutos de processamento, foi incorporado o agente funcionalizante e, após 3 minutos, adicionou-se o peróxido como iniciador da reação. Com o objetivo de determinar a concentração mais adequada de peróxido como iniciador radicalar, foram avaliadas três diferentes concentrações, correspondentes a 0,25%, 0,5% e 0,75%, como mostra a tabela (Tabela 1).

Tabela 1. Amostras e teor de peróxido

Amostras	% Peróxido	EVA (g)	AM (g)
EVA puro	0	50	0
EVA-g-AM-025	0,25	47,25	2,5
EVA-g-AM-05	0,50	47,375	2,5
EVA-g-AM-075	0,75	47,125	2,5

Após a graftização na Haake, as amostras foram submetidas a uma etapa de purificação pelo método Soxhlet e, posteriormente, secas em estufa, visando à remoção de monômeros residuais que não se ligaram à cadeia polimérica do EVA. Com o intuito de caracterizar as modificações obtidas, uma amostra de EVA puro foi processada sob as mesmas condições

de processamento na Haake, sendo utilizada como material de referência

- Processamento de filmes

Após a graftização, as amostras foram transformadas em filmes utilizando uma Prensa Hidráulica com aquecimento (modelo S11, SOLAB - Brasil). Para cada amostra, foram prensados 1,5 g de material entre lâminas de teflon, com a finalidade de formar uma camada antiaderente entre o eva e a prensa, sob temperatura de 120 °C, durante 2 minutos de tempo residência e 1 minuto sob pressão de 4 toneladas, sendo esse procedimento realizado duas vezes. Dessa forma, obtiveram-se filmes para a caracterização de superfície por FTIR-ATR e medidas de ângulo de contato.

- Processamento de corpos de prova para ensaio de adesão (teste T - Peel)

A preparação dos corpos de prova para o ensaio de adesão (*peel test*) foi semelhante ao processamento dos filmes utilizados na caracterização, diferindo principalmente na quantidade de amostra, que passou a ser de 9 g por filme. Após o resfriamento à temperatura ambiente, os filmes foram cortados em seções retangulares de 2,5 cm × 10 cm, com espessura média de 0,6mm. Em seguida, os filmes de EVA passaram por uma nova etapa de prensagem, desta vez entre lâminas de papel alumínio com espessura de 0,15 mm, previamente cortadas nas mesmas dimensões do filme de EVA. Essa prensagem foi realizada por 1 minuto, sob pressão de 2 toneladas. Para o ensaio, um lado do filme de EVA foi aderido integralmente ao alumínio, enquanto, no lado oposto, foi posicionada uma folha de teflon cobrindo metade da amostra, de modo a permitir a formação de uma região com EVA aderido ao alumínio (Figura 1) e outra contendo apenas o alumínio. O mesmo procedimento foi realizado com EVA puro, possibilitando a quantificação do efeito na adesão promovida pela graftização.



Figura 1: Corpo de prova para ensaio mecânico

- Análise de torque durante o processamento

O comportamento de torque do EVA foi monitorado durante o processamento em câmara de mistura interna tipo Haake, por meio do registro contínuo do torque em função do tempo. O ensaio foi conduzido a 150 °C, com duração total de 8 minutos. O perfil de torque obtido reflete a resistência do material fundido ao cisalhamento imposto pelos rotores e está relacionado às características reológicas do sistema durante o processamento. O registro teve início com a alimentação do polímero sólido na câmara de mistura, seguida pela etapa de fusão e pela evolução do material até um regime mais estável. A adição do peróxido orgânico Trigonox ocorreu durante o processamento e pode influenciar o perfil de torque ao longo do tempo, em função das reações radiculares promovidas pelo iniciador. Os dados de torque foram utilizados como parâmetro para avaliar indiretamente o comportamento reológico do material em estado fundido durante o processamento.

- Ângulo de contato

A molhabilidade da superfície do EVA foi avaliada por meio de medidas de ângulo de contato, obtidas a partir da deposição controlada de gotas de água sobre a superfície das amostras. Após a deposição, as imagens das gotas foram registradas em dois tempos distintos, 3 segundos e 180 segundos, permitindo acompanhar o comportamento inicial da gota e sua estabilidade com o tempo. O ângulo de contato foi determinado a partir do ajuste do perfil da gota em equilíbrio sobre a superfície, na qual foi utilizado o programa Surface Tension para medir ângulo das amostras. Para cada amostra, foram analisadas 10 gotas depositadas em diferentes regiões, e os valores apresentados correspondem à média das medições realizadas.

- Espectroscopia de FTIR-ATR

A caracterização química do EVA foi realizada por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), (modelo Lyza 3000, Anton Paar), para a análise foram utilizadas 24 varreduras, utilizando amostras na forma de filmes. Os espectros foram obtidos a partir da análise direta dos filmes, sem necessidade de preparação adicional, permitindo a identificação das principais bandas de absorção associadas aos grupos funcionais presentes no material. A análise dos espectros foi empregada para acompanhar possíveis alterações químicas decorrentes do processamento e da presença de agente funcionalizante e peróxido orgânico, por meio da comparação entre as amostras analisadas.

- Ensaio mecânico método T-Peel

O ensaio mecânico foi realizado com o objetivo de avaliar a adesão do EVA ao substrato de alumínio por meio de ensaio de descolamento em tipo T, utilizando uma máquina universal de ensaios Instron. Os corpos de prova foram preparados de forma que o EVA permanece aderido a uma folha de alumínio, formando duas abas flexíveis. Durante o ensaio, a garra inferior do equipamento fixou a aba correspondente ao conjunto EVA/alumínio, enquanto a garra superior prendeu exclusivamente a aba de alumínio (Figura 2). O ensaio foi conduzido com descolamento controlado, promovendo o descolamento progressivo entre o filme de EVA e o substrato. A força necessária para o descolamento foi registrada ao longo do ensaio, permitindo a comparação do comportamento adesivo das diferentes amostras de EVA processadas.



Figura 2: Ensaio mecânico pelo método *peel-test*

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Análise de torque

O acompanhamento do torque durante o processamento em câmara de mistura possibilitou avaliar, em tempo real, as alterações reológicas do EVA ao longo da reação de graftização (Figura 3).

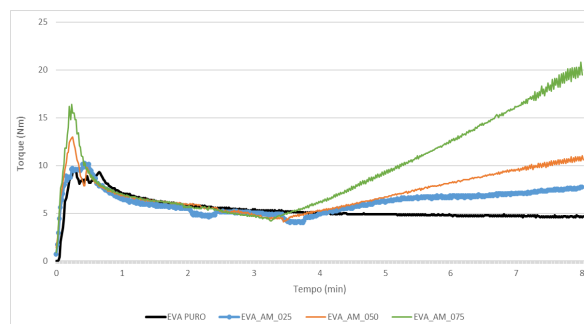


Figura 3: Curvas de torque das amostras avaliadas em função do tempo

Para todas as formulações, observou-se inicialmente um pico elevado de torque no instante inicial do processamento, associado à elevada resistência mecânica dos *pellets* sólidos ao cisalhamento imposto pelos rotores. Para a amostra EVA-g-AM-075, o aumento abrupto e acentuado do torque indicou a predominância de reações de reticulação. O elevado teor de peróxido favoreceu a geração excessiva de radicais livres, promovendo a recombinação entre cadeias macromoleculares e a formação de uma rede tridimensional. Como consequência, o material apresentou perda da característica termoplástica, tornando-se altamente reticulado e sem escoamento por fusão, o que impossibilitou o processamento posterior em prensa hidráulica, impedindo a formação de filmes para análises de FTIR, ângulo de contato e ensaios de adesão (Figura 4).

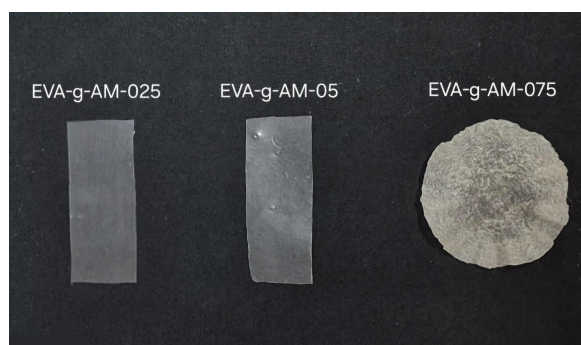


Figura 4: Filmes de EVA graftizado

Dessa forma, os resultados indicam que teores de peróxido superiores a 0,75% excedem a janela de processabilidade do sistema EVA/anidrido maleico, comprometendo sua aplicação. Em função disso, as caracterizações subsequentes concentraram-se nas amostras contendo 0,25% e 0,5% de peróxido, nas quais foi possível obter materiais processáveis e adequados para as análises de caracterização

- Espectroscopia de FTIR-ATR

A espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR-ATR) foi utilizada para avaliar as modificações químicas promovidas pela graftização do EVA com anidrido maleico, bem como a influência do teor de peróxido no processo de funcionalização. O espectro do EVA puro foi analisado como material de referência, permitindo a comparação direta com as amostras funcionalizadas (Figura 5). O espectro do EVA puro apresenta as bandas características do copolímero etileno-acetato de vinila. As bandas localizadas em aproximadamente 2917 e 2849 cm^{-1} são atribuídas aos estiramentos assimétrico e simétrico das ligações

C-H dos grupos metileno da cadeia polimérica. A banda intensa observada em 1736 cm^{-1} está associada ao estiramento da ligação C=O do grupo acetato, característica da unidade de acetato de vinila presente no copolímero.

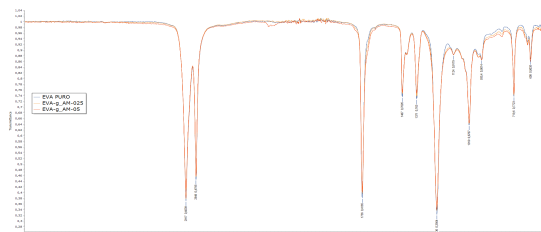


Figura 5: FTIR das amostras analisadas

As bandas em 1467 e 1371 cm^{-1} correspondem às deformações angulares dos grupos $-\text{CH}_2$ e $-\text{CH}_3$, enquanto as bandas em 1238, 1124 e 1019 cm^{-1} estão relacionadas às vibrações das ligações C-O e C-C da estrutura do EVA. Essas bandas confirmam a integridade da matriz polimérica antes da modificação química. A comparação entre o espectro do EVA puro e os das amostras graftizadas evidencia alterações principalmente na região de carbonilas, mesmo que de modo geral os espectros das amostras são semelhantes ao EVA puro. Nas amostras funcionalizada, observa-se um alargamento da banda na faixa entre 1780 e 1730 cm^{-1} , região associada às vibrações de estiramento das ligações C=O do anidrido maleico enxertado (Figura 6). Essa contribuição adicional não está presente no EVA puro e indica a incorporação de grupos anidrídricos à cadeia do copolímero por meio do processo de graftização.

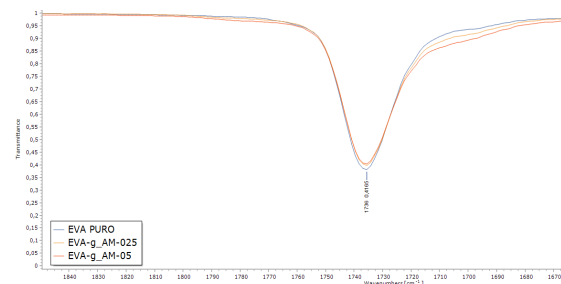


Figura 6: Comparação entre as bandas 1840 a 1670

Ao comparar as amostras com diferentes teores de peróxido, verifica-se que o aumento da concentração do iniciador radicalar influencia diretamente a intensidade das bandas associadas à funcionalização. A amostra EVA_AM_050 apresenta sinais mais evidentes na região de carbonilas quando comparada à amostra EVA_AM_025, indicando um maior grau de enxertia do anidrido maleico. Esse comportamento está relacionado à maior geração de radicais livres promovida pelo peróxido Trigonox, favorecendo a

reação de enxertia na cadeia do EVA. De modo geral, os resultados de FTIR confirmaram a ocorrência da graftização do EVA com anidrido maleico e indicam que o aumento do teor de peróxido, dentro das condições avaliadas, favorece a introdução de grupos funcionais polares no copolímero. A amostra EVA-g-AM com 0,5% de peróxido apresentou o melhor resultado em termos de evidência química de funcionalização, quando comparada às demais amostras analisadas.

- Ângulo de contato

Os resultados de ângulo de contato com água evidenciam que a modificação química do EVA por enxertia de anidrido maleico, iniciada pelo peróxido Trigonox, promoveu alterações relevantes na molhabilidade superficial do material. O EVA puro apresentou elevados valores de ângulo de contato, com médias de $94,69^\circ$ após 3 segundos e $93,51^\circ$ após 180 segundos, confirmando o caráter predominantemente hidrofóbico do copolímero não funcionalizado. Esse comportamento é típico de matrizes poliméricas apolares, nas quais predominam interações fracas com líquidos polares como a água. Em contraste, as amostras funcionalizadas apresentaram redução significativa dos valores de ângulo de contato, indicando aumento da afinidade da superfície com a água. Para a amostra EVA-g-AM-025 (Figura 7), os ângulos médios diminuíram para $87,15^\circ$ (3 segundos) e $82,17^\circ$ (180 segundos). Já a amostra EVA-g-AM-050 (Figura 8) apresentou redução ainda mais acentuada, atingindo $79,71^\circ$ após 3 min, o que evidencia maior molhabilidade superficial em função do maior grau de funcionalização.

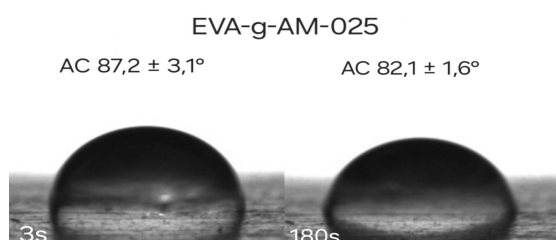


Figura 7: Gotas de água sobre a amostra AM-025

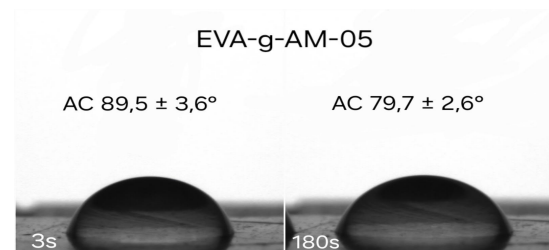


Figura 8: Gotas de água sobre a amostra AM-05

A diminuição progressiva do ângulo de contato ao longo do tempo, observada para todas as amostras, está associada a rearranjos moleculares na superfície do material e à maior interação da água com os grupos polares introduzidos durante a graftização. Esse comportamento sugere a migração e orientação de grupos anidrido e/ou ácido carboxílico para a interface sólido-líquido, favorecendo interações do tipo dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio (Zanetti et al., 2002; Pesneau et al., 2004).

Dessa forma, os resultados indicam que o aumento do teor de peróxido favorece a formação de sítios polares na superfície do EVA, resultando em maior hidrofiliabilidade e aumento da energia superficial. Como consequência, espera-se uma melhoria no desempenho adesivo do material, uma vez que superfícies mais hidrofílicas tendem a apresentar melhor molhabilidade, maior contato efetivo e interações mais eficientes com substratos polares, como o alumínio.

- Teste de adesão peel test

O comportamento adesivo do EVA puro e das amostras funcionalizadas foi avaliado por meio do ensaio mecânico de descolamento em tipo T (T-Peel), utilizando substrato de alumínio. Esse ensaio permitiu quantificar a força necessária para a separação das interfaces e avaliar o efeito da enxertia do anidrido maleico nas propriedades adesivas do material.

Tabela 2: Resultados do teste de adesão das amostras avaliadas

Amostra	Carga Média (N)	Carga Máx (N)	Carga Mín (N)
EVA puro	4,77 ± 0,70	5,37	3,95
EVA-g-AM-025	103,00 ± 12,82	116,90	91,78
EVA-g-AM-05	83,43 ± 29,09	113,20	43,45

O EVA puro apresentou baixa resistência ao descolamento, com força máxima média de 4,77 N, desvio padrão de 0,70 N e coeficiente de variação de 14,6%. O descolamento ocorreu de forma praticamente imediata após o início do ensaio,

evidenciando a fraca interação interfacial entre o EVA não modificado e o alumínio. Esse comportamento está associado à baixa polaridade e à reduzida energia superficial do EVA puro, que limitam a formação de interações físico-químicas efetivas com o substrato metálico.

Em contraste, as amostras funcionalizadas com anidrido maleico apresentaram aumento expressivo da força de descolamento, com valores máximos superiores a 100 N para as formulações EVA-g-AM-025 e EVA-g-AM-05. Esse ganho representa um aumento de mais de uma ordem de grandeza em relação ao EVA puro, indicando que a modificação química foi eficaz na promoção da adesão ao alumínio. Devido ao aumento da adesão nas amostras funcionalizadas, ao longo do ensaio mecânico houveram falhas coesivas em alguns corpos de prova. De modo que, devido à alta carga aplicada para realizar o deslocamento, algumas amostras romperam antes do descolamento completo das camadas (Figura 9). As dimensões dos corpos de prova mantiveram-se uniformes entre as amostras, assegurando que os resultados obtidos refletem predominantemente alterações na interface adesiva.



Figura 9: Corpo de prova rompido durante *peel test*

A melhora significativa na resistência ao descolamento está diretamente relacionada à introdução de grupos polares na cadeia do EVA, provenientes da enxertia do anidrido maleico. Esses grupos favorecem interações mais intensas com a superfície do alumínio, como ligações ácido-base e interações dipolo-dipolo, em concordância com os resultados obtidos por FTIR-ATR e ângulo de contato. Além disso, a redução do ângulo de contato observada nas amostras funcionalizadas indica aumento da energia superficial, condição favorável para o desempenho adesivo.

A comparação entre as amostras EVA-g-AM-025 e EVA-g-AM-05 não evidenciou diferenças significativas nos valores de força máxima de descolamento, sugerindo que o teor de 0,25% de

peróxido já é suficiente para promover uma interface adesiva eficiente. O aumento do teor de iniciador para 0,5% não resultou em ganhos adicionais de adesão, indicando a existência de uma faixa ótima de funcionalização para esse sistema.

De modo geral, os resultados do ensaio de *peel test* confirmam que a graftização do EVA com anidrido maleico é uma estratégia eficaz para melhorar a adesão ao alumínio, enquanto o EVA puro mantém comportamento tipicamente hidrofóbico e baixa afinidade interfacial.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi estudada a graftização do copolímero etileno-acetato de vinila com anidrido maleico por reação em estado fundido, avaliando principalmente a influência do teor de peróxido orgânico no processo de funcionalização e nas propriedades do material obtido. O acompanhamento do torque durante o processamento em câmara de mistura mostrou-se uma ferramenta eficiente para compreender as transformações reológicas do sistema e identificar os limites de processabilidade do EVA funcionalizado.

Os resultados de torque indicaram que a adição do anidrido maleico, por si só, não altera de forma significativa o comportamento reológico do EVA. No entanto, a introdução do peróxido Trigonox promove reações radiculares que modificam a estrutura do polímero. Observou-se que o aumento do teor de peróxido intensifica essas reações, podendo levar à predominância de reticulação, como verificado para a amostra com 0,75% de peróxido, que apresentou perda da característica termoplástica e impossibilidade de formação de filmes para análises posteriores. Esse resultado evidencia a importância do controle do teor de iniciador no processo. As análises de FTIR confirmaram a ocorrência da enxertia do anidrido maleico na cadeia do EVA, por meio do aumento da largura das bandas associadas a grupos carbonila. Essas modificações químicas refletiram-se diretamente nas propriedades superficiais do material, conforme indicado pela redução dos valores de ângulo de contato com água, evidenciando o aumento da polaridade e da molhabilidade do EVA funcionalizado. O ensaio mecânico de adesão pelo método *peel test*, em tipo T, mostrou que a funcionalização promoveu um aumento expressivo da resistência ao descolamento em relação ao EVA puro, confirmando a eficácia da enxertia do anidrido maleico na melhoria da adesão ao alumínio. A comparação entre as amostras com 0,25% e 0,5% de peróxido indicou que o menor teor de iniciador já é suficiente para obter um



desempenho adesivo elevado, não sendo observados ganhos adicionais significativos com o aumento da concentração de peróxido.

De forma geral, os resultados demonstram que a graftização do EVA com anidrido maleico é uma estratégia eficiente para a modificação química do copolímero, permitindo melhorar suas propriedades superficiais e adesivas sem comprometer a processabilidade, desde que o teor de peróxido seja adequadamente controlado. Assim, o sistema estudado apresenta potencial para aplicações como adesivo termoplástico, com destaque para formulações que utilizam menores concentrações de iniciador radicalar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Materiais Poliméricos e ao Núcleo de Sustentabilidade da UFRGS pela infraestrutura, e a CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

AGLIETTO, M.; BERTANI, R.; CASTELLI, G.; CHIAPPELLI, F.

Surface properties and adhesion of ethylene–vinyl acetate copolymers. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 53, p. 1443–1452, 1994.

CARLOTA, M.; SOARES, B. G.; COLOMBARETTI, R. S. C.

Melt functionalization of EVA copolymers with maleic anhydride. *Polymer*, v. 39, n. 10, p. 2321–2327, 1998.

JANSEN, P.; GOMES, A. S.; SOARES, B. G.

Compatibilização reativa de misturas envolvendo borracha natural e poli(etileno-co-acetato de vinila) (EVA). *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 6, n. 2, p. 43–48, 1996.

LUNA, C. B. B.; FERREIRA, E. S. B.; SIQUEIRA, D. D.; SOARES, B. G.

Addition of the ethylene–vinyl acetate copolymer (EVA) with maleic anhydride (MA) and dicumyl peroxide (DCP): the impact of styrene monomer on cross-linking and functionalization. *Polymer Bulletin*, v. 79, p. 7323–7346, 2022.

MOURA, E. A. B.; SILVA, A. L. N.; SOARES, B. G.

Influência do teor de acetato de vinila nas propriedades mecânicas e térmicas de copolímeros

EVA. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 21, n. 3, p. 191–197, 2011.

MULLER, A. J.; MACHADO, M.; SÁNCHEZ, J. J.

Structure and properties of ethylene–vinyl acetate copolymers. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, v. 44, p. 2071–2082, 2006.

PESNEAU, I.; PERRIN, D.; COQUERY, G.

Adhesion mechanisms of EVA-based hot-melt adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, v. 24, p. 45–52, 2004.

STELESCU, M. D.; MANAILA, E.; CRACIUN, G.; et al.

Crosslinking and grafting ethylene vinyl acetate copolymer with accelerated electrons in the presence of polyfunctional monomers. *Polymer Bulletin*, v. 68, p. 263–285, 2012.

ZANETTI, M.; BRUZZESE, C.; CAMINO, G.

Grafting of maleic anhydride onto polyolefins by reactive processing. *Polymer Degradation and Stability*, v. 75, p. 13–22, 2002.

ZHANG, Z.; LIU, Y.; WANG, X.

Radical reactions of organic peroxides in polymer modification. *Progress in Polymer Science*, v. 33, p. 893–921, 2008.