

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE MATERIAIS**

MARIA LUIZA DE OLIVEIRA BACURAU

**A INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NO COPOLÍMERO DE ETILENO-ACETATO DE
VINILA (EVA) – UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.**

JUAZEIRO DO NORTE - CE

2026

MARIA LUIZA DE OLIVEIRA BACURAU

**A INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NO COPOLÍMERO DE ETILENO-ACETATO DE
VINILA (EVA) – UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Engenharia de Materiais da
Universidade Federal do Cariri para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Wendell Bruno Almeida
Bezerra

JUAZEIRO DO NORTE – CE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Cariri
Sistema de Bibliotecas

B131i Bacurau, Maria Luiza de Oliveira

A influência dos aditivos no copolímero de Etileno-Acetato de Vinila (EVA) - uma
revisão bibliográfica / Maria Luiza de Oliveira Bacurau. - 2026.

34 f. il.: color. 30 cm.

(Inclui bibliografia, p.32-33).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Cariri,
Centro de Ciência e Tecnologia, Graduação em Engenharia de Materiais, Juazeiro do
Norte- Ce, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Wendell Bruno Almeida Bezerra.

1.EVA. 2. Aditivação polimérica. 3.Pigmentação. 4. Propriedades do EVA. 5.
Processamento polimérico. I. Bezerra, Wendell Bruno Almeida - orientador. II. Título.

CDD 620.11

Bibliotecária: Maria Eliziana Pereira de Sousa – CRB 15/564

MARIA LUIZA DE OLIVEIRA BACURAU

**A INFLUÊNCIA DOS ADITIVOS NO COPOLÍMERO DE ETILENO-ACETATO DE
VINILA (EVA) - UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Engenharia de Materiais da
Universidade Federal do Cariri para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de
Materiais.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wendell Bruno Almeida Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Prof. Dr. Carlos Marley de Souza Júnior (Avaliador)
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Engenheiro de Materiais Daniel Bernardes Silva (Avaliador)
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

JUAZEIRO DO NORTE, ____ DE _____ DE 2026

Aos meus pais, Rejane Carneiro e Pedro

Bacurau.

AGRADECIMENTOS

A Deus, à Nossa Senhora e ao Padre Cícero, agradeço por nunca me desampararem, mesmo nos momentos em que a vontade de desistir prevalecia, quando tudo parecia tomado por sentimentos de incapacidade e incerteza. Sem a minha fé, nada disso seria possível.

Aos meus pais, Rejane e Pedro (em memória), por serem tudo para mim e por sempre me guiarem pelo caminho do bem. Em especial à minha mãe, meu maior exemplo de força e fé, que nunca me abandonou.

À Antônia Aguiar e à sua família, por terem me acolhido ao longo dessa caminhada e por sempre me tratarem com tanto carinho e consideração.

À minha família, em especial aos meus tios Marcos e Edilânia, e aos meus primos Geovanna e Gustavo, por serem meu apoio, por nunca me julgarem e por estarem sempre ao meu lado.

Aos meus amigos Lucas Rodrigues, Ingrid, Marley, Pethus, Wigliane, Monyse, Bárbara Thially, Maria Ivine, Iguatiara, Vinícius e Vitória, por tornarem meus dias mais leves e alegres. Com vocês, tudo se tornou mais fácil.

Aos meus professores, sou profundamente grata pela paciência e por todas as oportunidades que me foram dadas. Em especial a Carlos Marley, Wendell, Hillane e Edvânia.

À indústria de calçados Grendene, pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional na área de EVA. Em especial, aos meus mentores da vida profissional, Mailton Pacífico e Maria Rodrigues, com quem tenho o privilégio de aprender diariamente na prática. De forma especial, agradeço a Mailton, que, com generosidade, me ensina todos os dias não apenas sobre o trabalho, mas também sobre a vida, reforçando a importância da paciência, do comprometimento e do zelo em tudo o que se faz.

RESUMO

O copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA) ocupa posição de destaque entre os materiais poliméricos em razão da sua versatilidade, facilidade de processamento e ampla aplicação industrial, principalmente no setor calçadista. Suas propriedades podem ser ajustadas por meio da aditivação, o que amplia suas possibilidades de uso e permite atender diferentes exigências de processamento e desempenho. Este trabalho teve como objetivo analisar, a partir de revisão bibliográfica, a influência dos aditivos no EVA, com ênfase na pigmentação e nos efeitos provocados sobre as propriedades do material. Para isso, foram utilizados livros técnicos, artigos científicos, dissertações e teses relacionados à estrutura do EVA, à aditivação polimérica, aos processos de dispersão de pigmentos e às aplicações industriais desse copolímero. A análise das referências permitiu identificar que os aditivos exercem papel importante tanto no processamento quanto nas propriedades finais do material, sendo os pigmentos responsáveis não apenas pela coloração, mas também por alterações em características físicas, mecânicas e funcionais, dependendo da composição, da dispersão e das condições de processamento adotadas. Também se verificou que o uso de masterbatches favorece maior uniformidade da pigmentação e contribui para melhor controle durante o processo produtivo. Dessa forma, a pigmentação pode ser entendida como um fator técnico relevante nas formulações de EVA, exigindo escolha adequada dos materiais e controle das etapas de incorporação para obtenção de produtos com melhor desempenho e qualidade final.

Palavras-chave: EVA; aditivação polimérica; pigmentação; propriedades do EVA; processamento polimérico.

ABSTRACT

Ethylene-vinyl acetate copolymer (EVA) stands out among polymeric materials due to its versatility, ease of processing and wide industrial application, especially in the footwear sector. Its properties can be adjusted through additives, which expands its range of applications and allows the material to meet different processing and performance requirements. This study aimed to analyze, through a bibliographic review, the influence of additives on EVA, with emphasis on pigmentation and its effects on material properties. For this purpose, technical books, scientific articles, dissertations and theses related to EVA structure, polymer additives, pigment dispersion processes and industrial applications of this copolymer were used as reference sources. The analysis of the selected literature showed that additives play an important role both in processing and in the final properties of the material, with pigments contributing not only to coloration but also to changes in physical, mechanical and functional characteristics, depending on composition, dispersion and processing conditions. It was also verified that the use of masterbatches favors greater pigmentation uniformity and contributes to better control during industrial processing. Therefore, pigmentation can be considered a relevant technical factor in EVA formulations, requiring appropriate material selection and control of incorporation stages to obtain products with improved performance and final quality.

Keywords: EVA; polymer additives; pigmentation; EVA properties; polymer processing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação estrutural do copolímero etileno-acetato de vinila (EVA).....	18
Figura 2 – Aplicação do EVA em solados de calçados esportivos.....	20
Figura 3 – Concentrados pigmentários (masterbatches) utilizados em formulações poliméricas.....	27
Figura 4 – Pigmentos utilizados em formulações poliméricas para modificação de cor e propriedades do material.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais aditivos empregados em materiais poliméricos e suas funções gerais.....	21
Tabela 2 – Comparação geral entre pigmentos orgânicos e inorgânicos.....	24
Tabela 3 – Influência da pigmentação nas propriedades físicas do EVA.....	28
Tabela 4 – Influência do teor de pigmento nas propriedades mecânicas do EVA.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EVA	Copolímero de etileno-acetato de vinila
phr	Partes por cem de resina
Tg	Temperatura de transição vítrea
Tm	Temperatura de fusão
UV	Radiação ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo.....	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
2 METODOLOGIA.....	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 Copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA): conceitos, evolução e aplicações.....	17
3.1.1 Definição, estrutura química e propriedades do EVA.....	17
3.1.2 Consolidação do EVA como material substituto e aplicações industriais.....	19
3.2 Aditivação em polímeros.....	20
3.2.1 Conceito E Importância Da Aditivação Polimérica.....	22
3.3 Pigmentação em polímeros.....	23
3.3.1 Conceito, Classificação E Funções Dos Pigmentos.....	23
3.3.2 Pigmentação Como Aditivo Funcional Em Polímeros.....	24
3.3.3 Aspectos Técnicos Da Incorporação De Pigmentos Em Matrizes Poliméricas.....	25
4 INFLUÊNCIA DA PIGMENTAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO EVA.....	28
5 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

Desde os períodos mais remotos da história humana, a busca pela melhoria dos materiais esteve diretamente associada à sobrevivência, ao conforto e ao desenvolvimento das sociedades. Na Pré-História, a seleção e o aprimoramento de materiais naturais como pedra, madeira, ossos e fibras vegetais permitiram a fabricação de ferramentas, armas e utensílios progressivamente mais eficientes. Com o avanço das civilizações, o domínio de processos como a metalurgia e a cerâmica marcou uma transição significativa, evidenciando a relação entre progresso tecnológico e a capacidade humana de modificar materiais para atender a necessidades específicas de desempenho, durabilidade e funcionalidade (CALLISTER; RETHWISCH, 2018).

A partir da Revolução Industrial, essa relação tornou-se ainda mais evidente, uma vez que a produção em larga escala passou a exigir materiais com propriedades controladas, repetibilidade e custos compatíveis com os novos modelos produtivos. Nesse contexto, consolidou-se a ciência dos materiais como uma área multidisciplinar, integrando conhecimentos de física, química e engenharia. Essa evolução permitiu a classificação dos materiais em grandes grupos, como metais, cerâmicas, polímeros e compósitos, cada qual com características específicas que determinam suas aplicações industriais (ASM HANDBOOK, 1990).

Entre esses grupos, os polímeros ganharam destaque ao longo do século XX devido à sua versatilidade, baixo custo relativo, facilidade de processamento e ampla possibilidade de ajuste de propriedades. Inicialmente utilizados como substitutos de materiais naturais, os polímeros passaram a ocupar papel central em setores como embalagens, construção civil, indústria automotiva e bens de consumo. A possibilidade de modificar formulações poliméricas por meio da incorporação de aditivos ampliou significativamente o campo de aplicações desses materiais, permitindo a obtenção de produtos com propriedades específicas para diferentes demandas industriais (RABELLO, 2011).

Nesse cenário, o copolímero de etileno e acetato de vinila, conhecido como EVA, destaca-se como um material amplamente empregado em razão de sua flexibilidade, leveza, resistência ao impacto e capacidade de absorção de energia. O teor de acetato de vinila presente na cadeia polimérica exerce influência direta sobre propriedades como elasticidade, cristalinidade e comportamento térmico, tornando o EVA um material altamente versátil. Essas

características justificam sua ampla utilização na produção de espumas, solados de calçados, revestimentos e diversos artefatos técnicos (FINK, 2010).

O processo de produção de espumas de EVA envolve etapas como a mistura dos componentes, a reticulação e a expansão, podendo ser realizado por diferentes técnicas industriais, como moldagem por injeção e prensagem. A combinação adequada entre agentes de reticulação, agentes expansores e condições de processamento é fundamental para a obtenção de propriedades físicas e mecânicas adequadas ao produto final. Estudos demonstram que variações nesses parâmetros influenciam diretamente a densidade, a resistência mecânica e a morfologia celular das espumas de EVA (AZEVEDO et al., 2009; MOLTER, 2019).

Com o aumento da competitividade industrial, especialmente em setores como o calçadista, tornou-se necessária a constante melhoria dos materiais poliméricos, não apenas em termos de desempenho técnico, mas também de viabilidade econômica. A redução de custos, o aumento da durabilidade e a adequação estética dos produtos são fatores determinantes para a aceitação no mercado. Nesse contexto, a aditivação surge como uma estratégia essencial, permitindo a modificação de propriedades específicas do EVA sem a necessidade de alterar sua estrutura química básica (RABELLO, 2011).

Os aditivos empregados em formulações de EVA incluem agentes de reticulação, agentes de expansão, cargas minerais, antioxidantes, lubrificantes, desmoldantes e pigmentos. Cada um desses componentes exerce funções específicas, influenciando tanto o processamento quanto as propriedades finais do material. A escolha e a dosagem adequadas dos aditivos estão diretamente relacionadas à estabilidade térmica, à durabilidade, à eficiência produtiva e à qualidade superficial dos produtos obtidos (CHÁVEZ, 2007; CARDELLO, 2013).

Entre os diferentes tipos de aditivos, os pigmentos desempenham papel fundamental ao conferir cor e identidade visual aos produtos de EVA, além de influenciarem propriedades como absorção de calor e estabilidade frente à radiação. O processo de pigmentação deve garantir uma dispersão homogênea dos pigmentos na matriz polimérica, evitando defeitos visuais e prejuízos às propriedades mecânicas. Na indústria calçadista, em particular, a pigmentação de EVA é um fator estratégico, uma vez que a estética do produto final está diretamente associada à percepção de qualidade e ao valor agregado percebido pelo consumidor (ANDRADE; CORRÊA, 2001; VERDEJO, 2003).

Diante desse contexto, o presente trabalho propõe analisar, por meio de revisão bibliográfica, a influência dos aditivos no copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA), com ênfase na pigmentação e em seus efeitos sobre as propriedades físicas, mecânicas e funcionais

do material. A proposta concentra-se na compreensão do comportamento dos pigmentos durante a incorporação à matriz polimérica, considerando aspectos relacionados à dispersão, ao processamento e à contribuição desses aditivos para o desempenho final do EVA em aplicações industriais, especialmente no setor calçadista.

1.1 Objetivo

Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a aplicação da pigmentação em materiais à base de copolímero de etileno e acetato de vinila (EVA), analisando seus efeitos nas propriedades dos materiais e nas principais aplicações industriais.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Apresentar de forma clara e sistematizada os conceitos fundamentais relacionados ao copolímero de etileno e acetato de vinila (EVA), bem como suas principais aplicações industriais.
- Contextualizar historicamente o surgimento do EVA como material substituto de outras matérias-primas e sua consolidação na indústria contemporânea.
- Analisar a importância dos processos de aditivação em polímeros, com ênfase na pigmentação, como estratégia para a melhoria das propriedades e do desempenho dos materiais.
- Discutir, com base na literatura científica, os efeitos da pigmentação nas propriedades físicas, mecânicas e funcionais do EVA.
- Elaborar um material de caráter acadêmico e científico que possa servir como referência bibliográfica para estudantes, pesquisadores e profissionais da área.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica, com caráter descritivo e abordagem qualitativa, a partir da análise de publicações científicas relacionadas ao copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA), aos processos de aditivação em polímeros e à influência da pigmentação em matrizes poliméricas.

Para a construção do estudo, foram consultados livros técnicos, artigos científicos, dissertações, teses e capítulos de obras especializadas, incluindo referências nacionais e internacionais consideradas relevantes para o tema proposto. Entre os materiais selecionados, destacam-se publicações voltadas à aditivação de polímeros, à estrutura e às propriedades do EVA, aos processos de dispersão de pigmentos e à estabilização de materiais poliméricos.

A escolha das referências buscou priorizar conteúdos com enfoque técnico e científico voltados ao comportamento do EVA em aplicações industriais, especialmente no setor calçadista, considerando aspectos relacionados à formulação, ao processamento, à incorporação de pigmentos e aos efeitos observados nas propriedades físicas, mecânicas e funcionais do material.

Após a seleção das fontes, foi realizada leitura detalhada dos conteúdos, seguida da organização dos temas e da interpretação das informações mais relevantes, permitindo estruturar a revisão bibliográfica com base na relação entre composição do material, função dos aditivos e desempenho final do EVA pigmentado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Copolímero De Etileno-Acetato De Vinila (EVA): Conceitos, Evolução e Aplicações.

O etileno-acetato de vinila (EVA) é definido como um copolímero obtido a partir da copolimerização de dois monômeros distintos: o etileno e o acetato de vinila. Sua estrutura é composta por unidades repetitivas desses meros distribuídas ao longo da cadeia principal, sendo essa combinação responsável pelas características físico-químicas do material. Trata-se de um copolímero termoplástico de caráter elastomérico, cujas propriedades variam principalmente em função do teor de acetato de vinila (VA) presente na formulação, o qual influencia diretamente parâmetros como flexibilidade, dureza e comportamento mecânico.

Além da variação do teor de VA, as propriedades do EVA podem ser modificadas por meio da incorporação de aditivos específicos, que permitem adequar o material às exigências de diferentes processos industriais. Conforme destacado por Cunha et al. (2022), a adição de agentes reticulantes e outros componentes auxiliares interfere significativamente no comportamento reológico e nas propriedades finais do material, ampliando suas possibilidades de aplicação.

O EVA apresenta ampla utilização na indústria, com destaque para o setor calçadista, onde é empregado na fabricação de palmilhas, entressolas, solados expandidos e componentes obtidos por injeção. Sua consolidação nesse segmento está associada à facilidade de processamento, à versatilidade de formulação e ao custo relativamente acessível quando comparado a outros materiais poliméricos (CUNHA et al., 2022).

Para a obtenção do EVA expandido, além da resina polimérica, são incorporados diversos aditivos à formulação, como agentes reticulantes, agentes de expansão, cargas minerais, pigmentos, lubrificantes e, em alguns casos, resíduos reciclados de EVA. Esses componentes desempenham papel fundamental no controle da densidade, da estrutura celular da espuma, da deformação permanente por compressão, da resiliência e da viscosidade durante o processamento, influenciando diretamente o desempenho do produto final (CUNHA et al., 2022).

3.1.1 Definição, Estrutura Química E Propriedades Do EVA

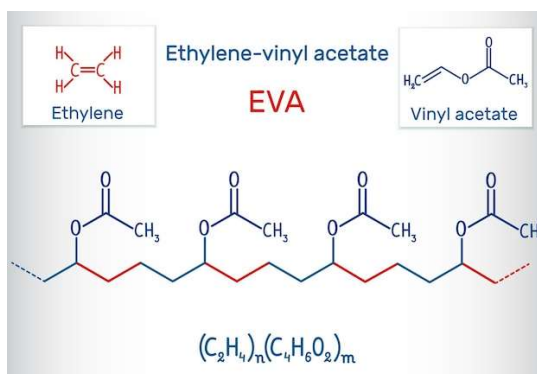
O EVA é analisado como um copolímero constituído por segmentos de polietileno, responsáveis pela fase cristalina, e por grupos amorfos provenientes do acetato de vinila. A

combinação dessas duas características confere ao material propriedades que podem variar entre comportamento mais rígido e mais flexível. A estrutura molecular do EVA pode ser influenciada pelo teor de acetato de vinila, pela distribuição desses grupos ao longo da cadeia polimérica, pelo grau de cristalinidade e pelo peso molecular. À medida que o teor de acetato de vinila aumenta, ocorre redução da cristalinidade, tornando o material mais flexível, mais transparente e mais macio. Embora cristalinidade e transparência possam apresentar certa relação, não representam o mesmo fenômeno: a cristalinidade está associada ao grau de organização das cadeias poliméricas, enquanto a transparência é uma propriedade óptica, relacionada à forma como o material interage com a luz (SALYER; KENYON, 1971).

Quanto à estrutura química, o EVA pode ser descrito como um copolímero obtido pela incorporação das unidades de etileno ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$) e de acetato de vinila ($-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OCOCH}_3)-$) na cadeia principal. Predomina uma estrutura apolar fornecida pelo etileno, com a presença de grupos polares introduzidos pelo acetato de vinila. Sua morfologia é considerada bifásica, apresentando regiões semicristalinas associadas ao etileno e regiões amorfas relacionadas ao acetato de vinila. O aumento do teor de acetato de vinila pode gerar irregularidades na cadeia polimérica, dificultando o empacotamento das cadeias e reduzindo o grau de cristalinidade. Um ponto de grande relevância é a forma como o VA se distribui ao longo da cadeia, pois essa distribuição influencia diretamente o comportamento do material (SALYER; KENYON, 1971).

Em relação às propriedades, o comportamento térmico do EVA está diretamente relacionado ao grau de cristalinidade e à sua composição química. O teor de acetato de vinila é determinante para o nível de cristalinidade do copolímero, sendo essa característica frequentemente avaliada por meio da temperatura de fusão (T_m). Por sua vez, a temperatura de transição vítrea (T_g) tende a aumentar com o aumento do teor de VA (SALYER; KENYON, 1971).

Figura 1 – Representação estrutural do copolímero etileno-acetato de vinila (EVA).



Fonte: Adaptado de SALYER; KENYON (1971).

3.1.2 Consolidação Do EVA Como Material Substituto E Aplicações Industriais

A combinação entre etileno e acetato de vinila resultou em um material com propriedades diferenciadas que despertaram grande interesse industrial, especialmente devido à sua flexibilidade e comportamento semelhante ao de materiais elastoméricos. A introdução do EVA no mercado ocorreu principalmente a partir da década de 1960, período em que houve um crescimento significativo em seu consumo e na expansão de suas aplicações industriais. Esse avanço possibilitou que o material passasse a substituir, em determinadas aplicações, a borracha e outros polímeros utilizados em produtos que exigem flexibilidade e resistência mecânica (BONIATTI, 2023).

As propriedades do EVA estão diretamente relacionadas à sua ampla utilização industrial. Trata-se de um material que apresenta baixo custo relativo, boa processabilidade e propriedades mecânicas que podem ser ajustadas de acordo com a formulação utilizada. Além disso, características como leveza, maciez e resistência ao desgaste tornam esse copolímero adequado para diversas aplicações. Em função dessas vantagens, o EVA passou a ser empregado em diferentes setores da indústria, incluindo a produção de embalagens, acessórios, utensílios domésticos e, principalmente, componentes do setor calçadista.

No segmento de calçados, por exemplo, o EVA é amplamente utilizado na fabricação de palmilhas, entressolas e solados, muitas vezes em combinação com outros materiais, como a borracha. Essa associação permite reduzir problemas como encolhimento do material e melhorar propriedades relacionadas ao conforto, como maciez e absorção de impacto, características importantes para o desempenho do produto final (BONIATTI, 2023).

Outro fator que contribuiu para a consolidação do EVA na indústria é a sua facilidade de processamento. O material pode ser transformado por diferentes técnicas industriais, como extrusão, injeção e prensagem, o que amplia as possibilidades de fabricação e permite sua adaptação a diferentes processos produtivos e aplicações tecnológicas. Essa versatilidade faz com que o EVA seja considerado um material estratégico em diversas cadeias industriais.

Figura 2 – Aplicação do EVA em solados de calçados esportivos.



Fonte: Adaptado de CAPRA (2023).

3.2 Aditivação Em Polímeros

Os aditivos proporcionam maior liberdade no desenvolvimento e na modificação de materiais poliméricos, permitindo que um polímero base seja adaptado para aplicações específicas. Dessa forma, um mesmo material pode ser utilizado em diferentes setores industriais, como na construção civil e na indústria de calçados, por exemplo. A transformação das propriedades do polímero ocorre por meio da incorporação de aditivos, que muitas vezes são considerados indispensáveis tanto durante o processamento quanto na aplicação final do produto. Esses aditivos podem apresentar-se nas formas líquida, sólida ou elastomérica e são normalmente adicionados às formulações de acordo com a proporção em phr (partes por cem de resina). Em geral, formulações com menor quantidade de aditivos tendem a favorecer o processamento e o controle das propriedades do material (RABELLO, 2000).

Os aditivos devem ser avaliados de acordo com diferentes critérios, como eficiência na função desejada, facilidade de dispersão na matriz polimérica e estabilidade de suas propriedades durante o processamento e a utilização. Além disso, é importante que apresentem baixa tendência à migração, sejam preferencialmente atóxicos e possuam custo viável para aplicação industrial. Dessa forma, os aditivos devem sempre contribuir positivamente para a formulação, sendo que qualquer substância que provoque efeitos negativos ou contrários ao desempenho esperado deve ser reconsiderada ou retirada do processo (RABELLO, 2000).

Entre os aditivos mais utilizados na indústria polimérica destacam-se os plastificantes, estabilizantes, cargas minerais, agentes antiestáticos, nucleantes, lubrificantes, pigmentos, agentes espumantes, retardantes de chama e modificadores de impacto. A aplicação desses aditivos está geralmente relacionada a duas necessidades principais: a primeira é a modificação das propriedades originais do material, tornando-o mais rígido ou mais flexível conforme a aplicação desejada; a segunda está relacionada à melhoria das condições de processamento do polímero (RABELLO, 2000).

Tabela 1 – Principais aditivos empregados em materiais poliméricos e suas funções gerais

Aditivo	Função principal
Plastificante	Aumentar flexibilidade e melhorar processabilidade
Carga Mineral	Reduzir custo e modificar propriedades mecânicas
Lubrificante	Facilitar o processamento e reduzir atrito
Pigmento	Conferir cor, opacidade e estabilidade visual
Agente de expansão	Promover expansão e formação celular
Estabilizante	Reduzir degradação térmica e oxidativa

Fonte: Elaborado pela autora (2026), com base em RABELLO (2000).

Os plastificantes, por exemplo, são utilizados para melhorar a processabilidade do material, aumentando sua flexibilidade e reduzindo a rigidez da matriz polimérica. Já as cargas minerais são frequentemente empregadas com o objetivo de reduzir custos e, ao mesmo tempo, modificar determinadas propriedades do material. Os pigmentos ou colorantes têm como função fornecer cor e, em alguns casos, brilho ao produto final, sendo muitas vezes incorporados por meio de masterbatches, o que facilita sua dispersão na matriz polimérica (RABELLO, 2000).

A escolha adequada dos aditivos, bem como a realização de testes prévios antes de sua utilização em larga escala, são etapas essenciais para garantir a qualidade do produto final. Uma seleção inadequada pode provocar problemas como migração do aditivo, manchas, degradação

do material ou até mesmo fragilização da estrutura polimérica. Dessa forma, o estudo do consumo e da concentração ideal de cada aditivo deve ser realizado de acordo com o tipo de formulação, respeitando sempre a proporção em phr indicada para cada aplicação. Com o avanço tecnológico, as exigências relacionadas aos aditivos tornam-se cada vez maiores, especialmente no que se refere à higiene industrial, toxicidade, desempenho, custo e possibilidade de reciclagem sem comprometer as propriedades do material resultante (RABELLO, 2000).

3.2.1 Conceito E Importância Da Aditivação Polimérica

Para o adequado desenvolvimento e aplicação de materiais poliméricos, especialmente quando se trata do EVA, é necessário buscar continuamente melhorias nos processos produtivos e nas propriedades do material. Nesse contexto, a indústria química, em parceria com o setor de transformação de polímeros, desenvolve diferentes aditivos com a finalidade de otimizar tanto o processamento quanto o desempenho final dos materiais.

Os aditivos poliméricos são utilizados para melhorar diferentes etapas do processo produtivo, podendo influenciar fatores como tempo de processamento, viscosidade e fluidez do material. Além disso, podem atuar como lubrificantes, agentes estabilizantes e modificadores de propriedades, contribuindo para maior estabilidade dimensional, redução da contração após o processamento e aprimoramento das propriedades físicas e mecânicas do polímero. De modo geral, a incorporação de aditivos permite ajustar o comportamento do material às exigências de processamento e às condições de uso final (MARTURANO; CERRUTI; AMBROGI, 2017).

Esses aditivos são normalmente incorporados diretamente na formulação do material e podem apresentar efeitos tanto durante o processamento quanto na fase de utilização do produto final. Alguns deles são considerados essenciais para determinadas aplicações, como cargas minerais, lubrificantes, peróxidos e agentes expansores. Outros podem ser adicionados em função de necessidades específicas da aplicação ou das condições de processamento exigidas pelo produto.

No caso do EVA, os aditivos desempenham papel fundamental no desenvolvimento e na evolução de suas aplicações industriais. Dependendo da formulação, eles podem contribuir para melhorias no processamento, desempenho do produto e até mesmo na redução de custos de produção. No entanto, para que esses benefícios sejam efetivamente alcançados, é necessário realizar análises criteriosas e testes preliminares antes da implementação em escala industrial,

uma vez que a aditivização inadequada pode comprometer o desempenho do material ao longo do tempo.

3.3 Pigmentação Em Polímeros

3.3.1 Conceito, Classificação E Funções Dos Pigmentos

As cores acompanham a história da humanidade há milhares de anos e sempre estiveram associadas à expressão cultural, artística e social. Registros antigos mostram que substâncias naturais já eram utilizadas para obtenção de colorações em pinturas rupestres, tecidos e objetos, demonstrando que o interesse humano pelas cores antecede muitos avanços científicos atuais. Ao longo do tempo, a utilização de materiais colorantes evoluiu e passou a ocupar espaço importante também em diferentes setores industriais, nos quais a cor deixou de ser apenas um fator estético e passou a representar identidade, funcionalidade e valor agregado aos produtos (PINHEIRO, 2011).

Embora muitas vezes sejam tratados como sinônimos, pigmentos e corantes apresentam diferenças fundamentais quanto ao seu comportamento químico. Os pigmentos são caracterizados por serem insolúveis no meio em que são aplicados, enquanto os corantes apresentam solubilidade, embora ambos tenham a função principal de conferir cor aos materiais. Essa distinção é importante tanto do ponto de vista teórico quanto industrial, pois interfere diretamente na forma de aplicação e no desempenho do material final (PINHEIRO, 2011).

Para facilitar o estudo e a aplicação desses materiais, os pigmentos são geralmente classificados em orgânicos e inorgânicos. Essa classificação permite compreender melhor suas propriedades químicas, estabilidade e comportamento em diferentes matrizes. Além das aplicações industriais, os pigmentos também estão presentes na natureza, participando da coloração de vegetais, animais, sangue e pele humana, o que demonstra a ampla relação entre os fenômenos químicos e a percepção visual das cores no cotidiano (PINHEIRO, 2011).

Tabela 2 – Comparação geral entre pigmentos orgânicos e inorgânicos.

Critério	Pigmento inorgânico	Pigmento orgânico
Custo	Menor	Maior
Estabilidade térmica	Alta	Moderada
Brilho	Menor	Maior
Poder de recobrimento	Elevado	Menor
Resistência à luz	Alta	Variável

Fonte: Elaborado pela autora (2026), com base em RABELLO (2000).

3.3.2 Pigmentação Como Aditivo Funcional Em Polímeros

Os pigmentos são incorporados às formulações poliméricas com a finalidade principal de conferir cor ao produto final, porém sua atuação vai além do aspecto visual, podendo também influenciar propriedades relacionadas ao processamento e ao desempenho do material. Para que o resultado seja satisfatório, é necessário que o pigmento passe por um processo adequado de homogeneização e dispersão na matriz polimérica, evitando falhas como aglomerações, manchas ou variações indesejadas de tonalidade. Em formulações poliméricas, os pigmentos insolúveis, especialmente os inorgânicos, são amplamente utilizados, embora também existam aplicações com pigmentos orgânicos, pigmentos especiais e sistemas colorantes de diferentes naturezas (RABELLO, 2000).

A forma de obtenção e as características físico-químicas dos pigmentos são fatores relevantes para sua aplicação industrial, uma vez que suas propriedades não se limitam apenas à coloração. Dependendo da composição química, da estrutura cristalina e do grau de dispersão, os pigmentos podem interferir na estabilidade do material, na resistência à luz e até em processos de degradação durante o uso ou processamento. Dessa forma, o desempenho do pigmento está diretamente relacionado à forma como ele é selecionado e incorporado à formulação (RABELLO, 2000).

Do ponto de vista comercial, os pigmentos podem ser disponibilizados de diferentes formas. A forma pura, em pó fino, ainda é utilizada em algumas aplicações, embora apresente limitações relacionadas à dispersão e às condições de higiene industrial. Outra forma bastante empregada são os concentrados sólidos, conhecidos como masterbatches, nos quais o pigmento já se encontra disperso em um veículo polimérico, facilitando sua incorporação e melhorando a uniformidade da coloração. Também existem sistemas líquidos, nos quais o pigmento é disperso em plastificantes ou solventes específicos, além de formulações mistas que combinam pigmentos orgânicos e inorgânicos com o objetivo de otimizar desempenho e dispersibilidade (RABELLO, 2000).

A escolha do pigmento exige avaliação prévia e criteriosa, considerando o tipo de polímero, o processo de transformação e a aplicação final do produto. Isso porque o comportamento do pigmento durante a dispersão, sua estabilidade térmica e sua interação com outros aditivos podem influenciar de forma positiva ou negativa nas propriedades finais do material, exigindo controle técnico desde a formulação até o processamento (RABELLO, 2000).

3.3.3 Aspectos Técnicos Da Incorporação De Pigmentos Em Matrizes Poliméricas

A incorporação de pigmentos em matrizes poliméricas é frequentemente realizada por meio de concentrados pigmentários, conhecidos como masterbatches, que consistem em grânulos contendo elevada concentração de pigmento disperso em uma resina carreadora compatível com o polímero de aplicação. No processamento do EVA, utiliza-se, preferencialmente, um veículo com teor de acetato de vinila semelhante ao da matriz principal, favorecendo a homogeneidade durante a mistura e a estabilidade da coloração final.

De acordo com Ogbobe (1985), a concentração de pigmento nesses concentrados pode atingir até 60% em massa quando são empregados veículos de baixa massa molecular, permitindo maior eficiência de dosagem no processo industrial. Além da função estética, os pigmentos exercem papel relevante no desempenho visual do material, contribuindo para propriedades como tonalidade, opacidade e uniformidade superficial, aspectos fundamentais para aplicações industriais em polímeros pigmentados.

Em uma formulação polimérica, os pigmentos são classificados como aditivos modificadores de propriedades, enquanto a resina empregada como veículo atua como meio de incorporação e compatibilização com a matriz principal. A eficiência desse sistema depende diretamente da dispersão, etapa em que os aglomerados pigmentários precisam ser

desagregados em partículas menores para que haja distribuição homogênea no material. Segundo Rabello (2000), uma dispersão adequada é essencial para garantir uniformidade visual, estabilidade da coloração e bom recobrimento da matriz polimérica, evitando defeitos superficiais e variações de tonalidade. Problemas de dispersão estão entre as ocorrências mais frequentes no processamento industrial, podendo estar relacionados tanto às características físico-químicas do pigmento quanto à viscosidade do veículo utilizado, à presença de auxiliares de processamento e à eficiência do equipamento de mistura empregado. Dessa forma, fatores como composição química, interação entre os componentes e condições de processamento influenciam diretamente o comportamento do pigmento e seu desempenho final no polímero.

A produção de masterbatches ocorre, de forma geral, pela incorporação do pigmento à resina em estado fundido, utilizando equipamentos como extrusoras e misturadores intensivos, nos quais temperatura, cisalhamento e tempo de residência atuam diretamente na homogeneização do sistema. Após a etapa de mistura, o material extrusado passa por resfriamento controlado e posterior granulação, formando concentrados pigmentados de fácil aplicação industrial. Embora os pigmentos também possam ser empregados em pó, o uso de masterbatches apresenta vantagens relacionadas ao controle de dosagem, à uniformidade de incorporação e à redução de problemas associados à higiene industrial e à exposição do operador durante o processamento. De acordo com Rabek (1990), o tamanho das partículas pigmentárias exerce influência direta na dispersão e no desempenho final, uma vez que partículas menores favorecem maior cobertura e distribuição homogênea, enquanto partículas maiores podem dificultar a homogeneização e gerar defeitos superficiais ou instabilidades dimensionais. No caso do EVA, torna-se essencial que os pigmentos apresentem estabilidade térmica suficiente para suportar as temperaturas de processamento sem ocorrência de alteração de cor, decomposição ou migração no material final.

Dessa maneira, a incorporação de pigmentos em matrizes poliméricas envolve não apenas a seleção adequada do pigmento, mas também a interação com a resina utilizada como veículo, as condições empregadas durante o processamento e a eficiência da dispersão obtida. Esses fatores atuam diretamente sobre a uniformidade da coloração, a estabilidade térmica e o desempenho final do material, influenciando sua qualidade e comportamento durante a aplicação.

Figura 3 – Concentrados pigmentários (masterbatches) utilizados em formulações poliméricas.



Fonte: Adaptado de RABELLO (2000).

4 INFLUÊNCIA DA PIGMENTAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO EVA

A pigmentação no EVA não se limita ao aspecto visual do material, uma vez que a presença dos pigmentos na formulação também pode interferir em propriedades físicas, mecânicas e funcionais durante o processamento e na aplicação final. Essa influência está relacionada à natureza química do pigmento, ao tipo de polímero utilizado como veículo, às condições de processamento e ao nível de dispersão obtido na matriz polimérica. Quando a incorporação ocorre de forma homogênea, os pigmentos contribuem para uniformidade de cor, estabilidade superficial e melhor acabamento visual; em contrapartida, dispersões inadequadas podem provocar manchas, variações de tonalidade e irregularidades estruturais. Segundo Rabello (2000), determinados pigmentos também podem atuar como agentes nucleantes, interferindo na organização da estrutura do material durante a solidificação, o que pode refletir em alterações nas propriedades físicas e, em alguns casos, comprometer a resistência ao impacto.

Sob o ponto de vista físico, a pigmentação pode interferir em características como opacidade, brilho, densidade e estabilidade térmica do EVA. Pigmentos inorgânicos, especialmente aqueles com maior resistência térmica, tendem a apresentar melhor desempenho durante o processamento, principalmente em formulações submetidas à expansão, nas quais a estabilidade da estrutura celular é um fator relevante. Em determinadas composições, o tamanho das partículas pigmentárias também influencia a uniformidade celular do EVA expandido, podendo alterar a aparência superficial e a homogeneidade estrutural do material. De acordo com Mohamed (2015), os efeitos promovidos pelos pigmentos também estão relacionados à sua composição e ao processo de fabricação, uma vez que materiais com mesma base química podem apresentar comportamentos distintos em função da forma cristalina, do grau de oxidação e da capacidade de absorção ou reflexão da radiação incidente.

Os efeitos da pigmentação sobre propriedades físicas do EVA podem ser observados a partir de dados reportados na literatura, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Influência da pigmentação nas propriedades físicas do EVA.

Teor de pigmento (%)	Densidade (g/cm ³)
0	0,12
1	0,13
3	0,15
5	0,17

Fonte: Elaborado pela autora (2026), com base em CUNHA et al. (2022).

Em relação ao comportamento mecânico, a presença de pigmentos pode atuar como fase dispersa na matriz polimérica, promovendo alterações em propriedades como dureza, flexibilidade e resistência à deformação. Quando utilizados em concentrações adequadas e com boa dispersão, esses efeitos tendem a ocorrer de forma controlada, sem comprometer significativamente o desempenho do material. Entretanto, a incorporação inadequada ou a presença de aglomerados pigmentários pode gerar regiões de concentração de tensões, interferindo na resistência mecânica do EVA e favorecendo a ocorrência de descontinuidades estruturais. De acordo com Ogbobe (1985), a eficiência dos pigmentos em sistemas poliméricos depende diretamente da qualidade da dispersão, uma vez que partículas mal distribuídas comprometem a homogeneidade do composto e podem refletir em perdas de desempenho durante a aplicação. Para uso industrial, os pigmentos devem ainda apresentar estabilidade térmica, resistência à migração, baixa toxicidade e estabilidade à luz, de modo a manter suas características ao longo do processamento e da vida útil do material.

A influência da concentração de pigmentos nas propriedades mecânicas do EVA pode ser observada a partir de dados reportados na literatura, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Influência do teor de pigmento nas propriedades mecânicas do EVA

Teor de pigmento (%)	Dureza (Shore A)	Resistência à tração (MPa)
0	45	8,5
1	48	8,3
3	52	8
5	55	7,6

Fonte: Elaborado pela autora (2026), com base em RABELLO (2000) e OGBOBE (1985).

Do ponto de vista funcional, a pigmentação também interfere no comportamento do EVA frente à luz, ao calor e ao envelhecimento, uma vez que determinados pigmentos apresentam capacidade de absorver ou refletir parte da radiação incidente, contribuindo para maior estabilidade visual e proteção superficial do material. Pigmentos inorgânicos como óxido de ferro, óxido de zinco e dióxido de titânio são frequentemente associados a esse efeito, por apresentarem desempenho relevante como bloqueadores de radiação ultravioleta e auxiliarem na redução de processos degradativos superficiais. Segundo Mohamed (2015), essa atuação torna-se importante em materiais poliméricos submetidos à exposição ambiental, pois contribui para preservar características visuais e retardar alterações associadas à fotodegradação. Em aplicações industriais, especialmente no setor calçadista, essa influência ultrapassa o aspecto estético, estando relacionada também à durabilidade do produto e à manutenção de sua qualidade ao longo do uso.

Figura 4 – Pigmentos utilizados em formulações poliméricas para modificação de cor e propriedades do material.



Fonte: Adaptado de RABELLO (2000).

5 CONCLUSÃO

A partir do desenvolvimento deste trabalho, foi possível compreender a importância do copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA) no contexto industrial, principalmente em função da sua versatilidade, facilidade de processamento e capacidade de ter suas propriedades ajustadas por meio da aditivação. A presença do acetato de vinila em sua estrutura influencia diretamente características como flexibilidade, cristalinidade e comportamento térmico, o que amplia suas possibilidades de aplicação, especialmente no setor calçadista.

A revisão bibliográfica mostrou que a aditivação exerce papel essencial no desempenho do EVA, uma vez que componentes como agentes reticulantes, expansores, cargas minerais e pigmentos interferem tanto nas etapas de processamento quanto nas propriedades finais do material. Entre esses aditivos, os pigmentos se destacam não apenas pela função de conferir cor, mas também pela influência que podem exercer sobre propriedades físicas, mecânicas e funcionais do composto.

Também foi possível perceber que a eficiência da pigmentação está diretamente relacionada à compatibilidade com a matriz polimérica, ao tipo de veículo utilizado, à qualidade da dispersão e às condições de processamento adotadas. Nesse contexto, o uso de masterbatches apresenta vantagens importantes, principalmente por favorecer maior homogeneidade, melhor controle de dosagem e maior estabilidade durante o processamento industrial.

Além do aspecto visual, determinados pigmentos podem contribuir para a estabilidade térmica, para a proteção frente à radiação e para a manutenção das características superficiais do material, fatores que influenciam diretamente a durabilidade e o desempenho do EVA em suas aplicações finais. Assim, a pigmentação pode ser entendida como um fator técnico relevante dentro das formulações de EVA, exigindo escolha criteriosa dos materiais e controle adequado das etapas de processamento para obtenção de produtos com melhor qualidade e desempenho.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.; CORRÊA, C. A. **Pigmentos e sua aplicação em materiais poliméricos**. São Paulo: [s.n.], 2001.

ASM INTERNATIONAL. **ASM handbook: properties and selection: nonferrous alloys and special-purpose materials**. Materials Park: ASM International, 1990.

AZEVEDO, Joyce B.; CHÁVEZ, Manuel Alpire; RABELLO, Marcelo Silveira. Efeito de reticulante na morfologia e propriedades físico-mecânicas de espumas poliméricas obtidas com EVA e EPDM. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 20, n. 5, p. 407-414, 2010.

BONIATTI, A. **Evolução histórica e aplicações industriais do EVA**. 2023. Trabalho acadêmico.

CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CARDELLO, V. M. **Formulações e aditivos aplicados ao EVA expandido**. 2013. Trabalho acadêmico.

CHÁVEZ, Manuel Alpire. **Influência do carbonato de cálcio nas propriedades físicas da espuma de EVA**. 2007. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

CUNHA, Rafael Braga da et al. Influência de agente reticulante e de resíduos de EVA nas propriedades de placas de EVA utilizadas na indústria de calçados. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, 2022.

FINK, Johannes Karl. **Handbook of engineering and specialty thermoplastics: polyolefins and styrenics**. Hoboken: Wiley, 2010.

MARTURANO, Veronica; CERRUTI, Paola; AMBROGI, Veronica. Polymer additives: importance and industrial applications. In: **Encyclopedia of Polymer Science and Technology**. Hoboken: Wiley, 2017.

MOHAMED, Riham R. Photostabilization of polymers. In: **Encyclopedia of polymers and composites**. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015.

MOLTER, L. **Influência de agentes expansores em compostos de EVA**. 2019. Trabalho acadêmico.

OGBOBE, O. **Dispersion of additive masterbatches in polyolefin plastics**. 1985. Thesis (Doctor of Philosophy) – Loughborough University of Technology, Loughborough, 1985.

PINHEIRO, Marcos Eduardo. **Introdução aos pigmentos: conceitos, classificação e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011.

RABELLO, Marcelo Silveira. **Aditivação de polímeros**. São Paulo: Artliber, 2000.

RABELLO, Marcelo Silveira. **Aditivação de polímeros**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2011.

RABEK, J. F. **Photostabilization of polymers: principles and applications**. London: Elsevier Applied Science, 1990.

SALYER, I. O.; KENYON, A. S. Structure and property relationships in ethylene-vinyl acetate copolymers. **Journal of Polymer Science: Part A-1**, v. 9, p. 3083-3103, 1971.

VERDEJO, R. **Pigmentação e desempenho em materiais poliméricos industriais**. 2003. Trabalho acadêmico.

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que este Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia/Tese/Dissertação), escrito sob minha orientação, está em versão final, de acordo com as solicitações realizadas pela banca examinadora. Informo também que procedi à revisão final do texto, constatando que atende às especificações das normas da ABNT para apresentação de trabalhos acadêmicos da UFCA, no que diz respeito ao conteúdo e à formatação.

Documento assinado digitalmente
 WENDELL BRUNO ALMEIDA BEZERRA
Data: 30/03/2026 13:33:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Juazeiro do Norte - CE, 30 de março de 2026.