

Compósitos de borracha natural e endocarpo de macaúba: efeito sobre a coloração e propriedades mecânicas

*Eduardo Jonathan Ramos e Silva Sampaio¹, Alexandre Nunes Cardoso²,
Leonardo Fonseca Valadares³*

Resumo

A macaúba é uma palmácea com grande potencial para a produção de óleo vegetal. Dentre os resíduos gerados nessa produção, o endocarpo é o material rígido e escuro que encobre a amêndoa e ainda não possui aplicações definidas. Este trabalho propõe que o endocarpo possa ser acrescentado à borracha natural com a finalidade de modificar a cor e as propriedades mecânicas dos compósitos obtidos. Assim, foram preparados corpos de prova de borracha natural pura e borracha aditivada com até 25% de endocarpo. Por fotografias e colorimetria, observou-se que é necessário apenas 5% de adição de endocarpo para tornar a amostra escura. Os ensaios mecânicos mostram que à medida que se aumenta a concentração de endocarpo na borracha, aumenta-se a tensão na ruptura e diminui-se o alongamento máximo das amostras, não sendo observado efeito significativo sobre a rigidez do material.

Introdução

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma palmácea não domesticada com potencial para produção de óleo vegetal no Brasil. Em virtude de sua distribuição geográfica no território e adaptação a períodos secos definidos, existe a possibilidade de estabelecer cultivos em diferentes regiões do País.

O potencial econômico da macaúba tem sido enfatizado, em função do potencial para produção de óleo (4.000 kg/ha – 6.000 kg/ha) e amplas possibilidades para o aproveitamento integral de seu fruto, que pode gerar outros produtos além do óleo.

¹ Graduando em Engenharia de Energia, Universidade de Brasília, eduardo_jonathan@hotmail.com

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Agroenergia, alexandre.cardoso@embrapa.br

³ Químico, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Agroenergia, leonardo.valadares@embrapa.br

A fase inicial de processamento dos frutos resulta em quatro frações, a saber: casca, polpa, endocarpo e amêndoa. Esse endocarpo é o núcleo rígido e escuro do fruto que aloja a amêndoa da macaúba. A amêndoa consiste em uma parte do fruto de grande interesse econômico, considerando o teor proteico descrito na literatura de 12,28% (DESSIMONI-PINTO et al., 2010) e a qualidade do óleo que pode ser obtido, que contém principalmente ácido láurico.

Uma vez que o endocarpo é quebrado para extração da amêndoa, esse material é, em geral, descartado ou vendido para produção de carvão, dado o seu poder calórico. Para cada 100 kg de frutos, são gerados cerca 13 kg de endocarpo.

Embora a composição e características desse material sejam ainda pouco estudadas, acredita-se que a rigidez que lhe é conferida possa proporcionar resistência a polímeros. Por causa da cor preta do endocarpo, a sua aditivação a materiais deve também proporcionar uma mudança de tonalidade de cor ao compósito resultante.

Considerando esses aspectos e visando agregar valor aos endocarpos gerados no processamento da macaúba, neste trabalho, é proposto o estudo da aditivação de material obtido a partir da moagem de endocarpo à borracha natural, sendo analisado o efeito desta na coloração e nas propriedades mecânicas das amostras geradas.

Materiais e métodos

Os endocarpos usados neste trabalho são provenientes do Núcleo Rural Buriti Vermelho, DF, e de Igarapava, SP. Inicialmente, foi realizada a limpeza dos endocarpos para retirada de resquícios de polpa aderidos à superfície, por meio de polimento superficial realizado com um esmeril.

Para moagem, foi utilizado um moinho de facas do tipo Willye da marca Fortinox. O processo realizado em dois ciclos de 10 minutos, utilizando no primeiro ciclo uma peneira de 2.050 μm para separação de partículas ainda grandes. O material peneirado foi submetido a um segundo ciclo moagem utilizando uma peneira de 700 μm , para seleção de partículas menores.

A distribuição do tamanho de partículas foi obtida utilizando seis peneiras dispostas verticalmente, com diferentes tamanhos de malha, instaladas em um agitador eletromagnético da marca Bertel, apropriado para peneiras granulométricas. O equipamento foi acionado por 30 minutos para promover a distribuição do material. As frações geradas em cada peneira foram pesadas em

balança de precisão para calcular a porcentagem de material retida em cada uma das peneiras em relação ao total.

O látex de borracha natural foi cedido pela empresa QR Borrachas Quirino Ltda. e foram extraídos de clones de seringueira RRIM600. O teor de sólidos do látex foi feito pela separação de porções de látex em béqueres para medição inicial de massa. O material foi então colocado na estufa a 75 °C por 12 horas e pesada novamente. A porcentagem do teor de sólidos presentes foi calculada com base na relação entre a massa final e a massa inicial da amostra. Esse teor foi utilizado para o cálculo da quantidade de endocarpo a ser usada na elaboração das amostras.

As amostras estudadas foram obtidas a partir da adição de endocarpo moído à borracha natural nas seguintes proporções: 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, denominadas respectivamente 95B 5E, 90B 10E, 85B 15E, 80B 20E e 75B 25E. Também foi gerada uma amostra da borracha pura (100B). A homogeneização da mistura ocorreu em agitador magnético por 30 minutos.

A mistura, vertida em placa de Petri, foi acondicionada em vácuo por 15 minutos, com o intuito de diminuir as bolhas presentes. Em seguida, o material foi colocado em estufa a 75 °C por 12 horas, gerando o material para preparação dos corpos de prova. Para os testes de tração, o material foi cortado em tiras utilizando guilhotina.

Análises de colorimetria de reflectância foram conduzidas nas amostras sobre anteparo branco (bloco de papel) utilizando colorímetro Konica Minolta. As medidas foram realizadas em triplicata e registradas na escala CIEL*a*b*, em que L* corresponde ao valor de luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco); a* corresponde ao verde para valores negativos e vermelho para positivos e b* corresponde ao azul para valores negativos e a amarelo para valores positivos.

Os corpos de prova foram condicionados em ambiente de controle de umidade a 50%, utilizando solução saturada de nitrato de cálcio, a 23 °C, conforme definido no método ASTM D 3039 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2004). Os ensaios de tração foram então realizados pelo equipamento Arotec modelo WDW-201, que traciona os corpos de prova e registra a força resultante até a ruptura dos mesmos. Um mínimo de cinco corpos de provas foram ensaiados para cada amostra.

Resultados

A amostra de endocarpos moídos foi submetida à análise granulométrica. A distribuição de tamanho das partículas está mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise granulométrica mostrando o tamanho de partículas dos endocarpos de macaúba moídos.

Peneira	Abertura (μm)	ABNT/ASTM	Tyler/Mesh	Porcentagem (%)
1	1700	12	10	0
2	850	20	20	0,32
3	300	50	48	51,18
4	150	100	100	36,85
5	75	200	200	4,12
6	25	500	500	1,86
Fundo	-	-	-	0
Perdido no Processo	-	-	-	5,66

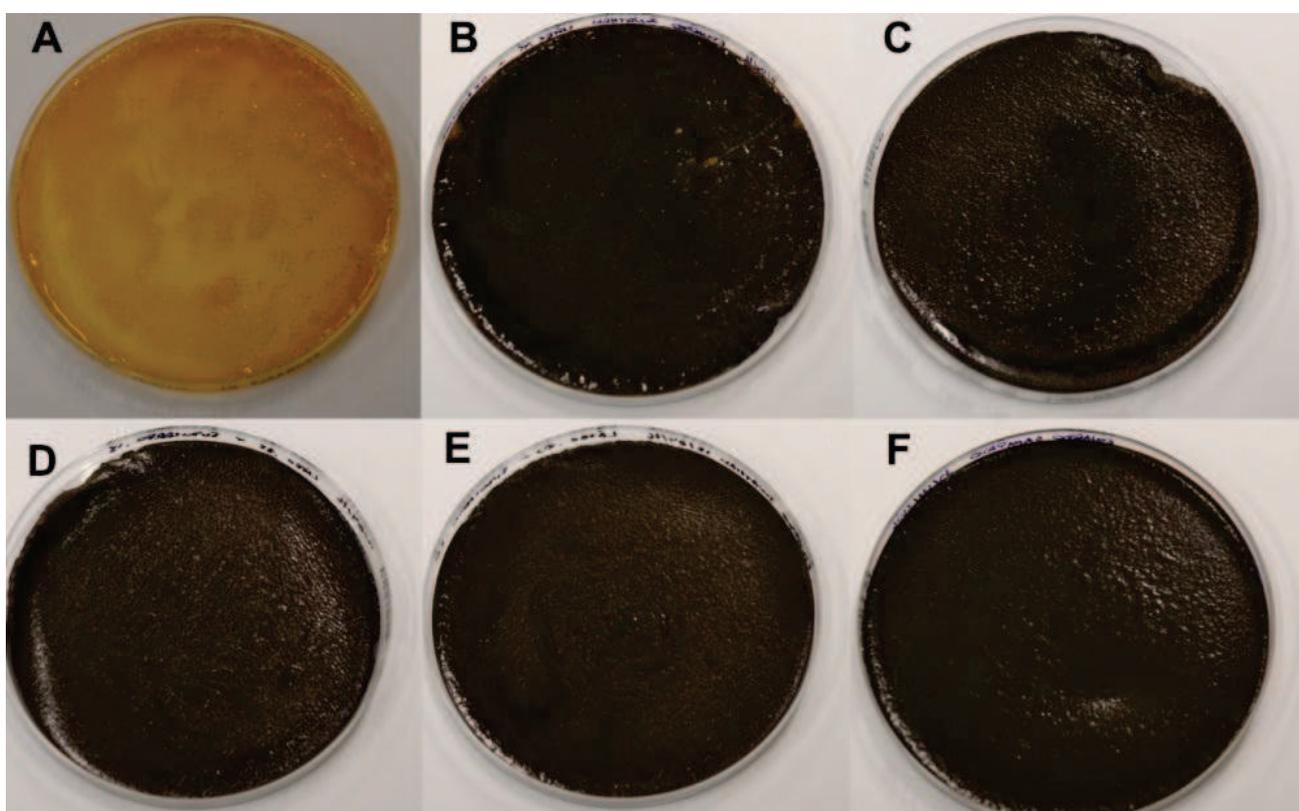


Figura 1. Fotografia mostrando as amostras preparadas em placas de Petri: A) 100B; B) 95B 5E, C) 90B 10E, D) 85B 15E, E) 80B 20E e F) 75B 25E.

A Figura 1 mostra que a amostra 100B tem coloração amarela, distinta das demais amostras, que são escuras. Tendo em vista a diferença de cor das amostras, foram realizadas análises colorimétricas, que são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Colorimetria de reflectância das amostras de borracha natural e compósitos. Os valores se referem à escala CIEL*a*b* e os erros se referem ao desvio padrão.

Amostra	L*	a*	b*
100B	68,17 ± 2,44	2,07 ± 0,22	42,12 ± 4,31
95B 5E	23,26 ± 1,30	0,92 ± 0,21	1,54 ± 0,07
90B 10E	25,38 ± 1,03	1,49 ± 0,06	1,95 ± 0,16
85B 15E	26,73 ± 0,63	2,00 ± 0,40	2,86 ± 0,32
80B 20E	26,66 ± 0,62	2,24 ± 0,04	3,46 ± 0,08
75B 25E	26,72 ± 0,63	1,30 ± 0,13	1,77 ± 0,03

É possível verificar que a maior parte das partículas tem tamanho variando entre 300 µm e 850 µm, correspondendo a 51% da amostra. Uma fração significativa, de 36,85%, possui tamanho entre 150 µm e 300 µm.

O teor de sólidos do látex utilizado foi determinado, sendo encontrado o valor de 61,68 ± 0,23% e este valor foi utilizado para a elaboração das amostras. Após a secagem da mistura do endocarpo moído e látex, foram obtidas as amostras mostradas na Figura 1.

A colorimetria revela que é necessário apenas 5% de adição de endocarpo para tornar a amostra escura, fazendo com que a luminosidade (L*) seja reduzida de 68,17 para 23,26, e a coloração amarela da borracha, medida pelo valor b* = 42,12, também é drasticamente modificada pela adição de endocarpo moído.

Por meio dos ensaios de tração, foram geradas as curvas de tensão *versus* deformação dos corpos de prova, como mostrado na Figura 2. A partir dessas, foram encontrados os valores de módulo de Young, tensão máxima suportada pelas amostras e alongamento na ruptura. O módulo de Young foi determinado como o coeficiente angular da região elástica da curva (alongamento menor que 7%). A média dos valores encontrados e o desvio padrão estão presentes na Tabela 3.

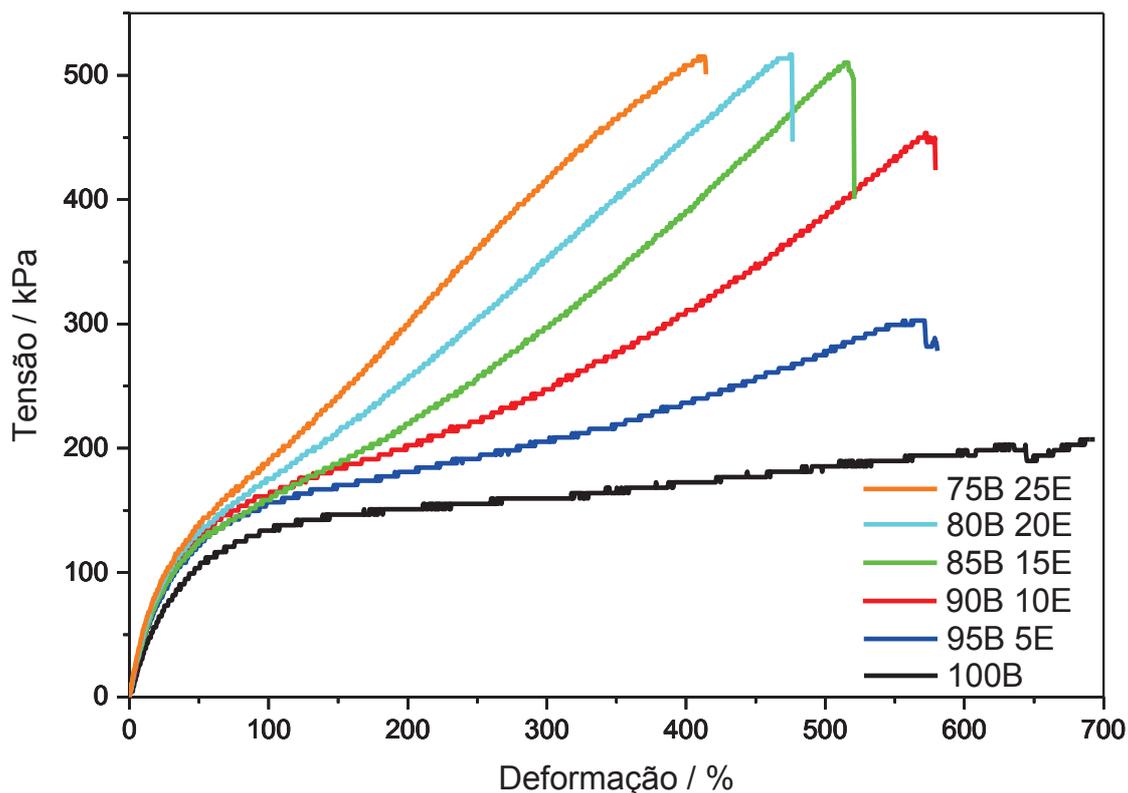


Figura 2. Curvas de tensão *versus* deformação de corpos de prova de borracha natural pura e de seus compósitos com endocarpos de macaúba moídos.

Tabela 3. Média dos valores de tensão máxima, alongamento na ruptura e módulo de Young para a borracha natural e seus compósitos com endocarpos de macaúba moídos.

Amostra	Tensão máxima / kPa	Alongamento na ruptura / %	Módulo de Young / kPa
100B	178 ± 26	617 ± 143	409 ± 52
95B 5E	272 ± 46	595 ± 155	496 ± 66
90B 10E	396 ± 48	590 ± 99	520 ± 28
85B 15E	452 ± 41	535 ± 75	481 ± 60
80B 20E	486 ± 35	488 ± 35	533 ± 41
75B 25E	451 ± 59	398 ± 43	529 ± 51

A Figura 2 e a Tabela 3 mostram que uma força maior precisa ser aplicada para romper os compósitos, quando comparados à borracha pura. Esse efeito é evidenciado pelo aumento da tensão máxima, que é cerca de 2,7 vezes maior, quando comparada à borracha pura com a amostra 80B 20E. Entretanto, esse efeito de reforço tem seu máximo observado em 20% de adição de endocarpos, indicando que em concentrações maiores, a tensão máxima tende a reduzir.

Por meio da análise de tração dos corpos de prova, é possível ser visto que a adição do pó de endocarpo de macaúba conferiu uma diminuição do comportamento elástico, evidenciado pela diminuição do alongamento na ruptura dos corpos de prova. A Tabela 3 mostra que a aditivação de endocarpo de macaúba causa uma redução gradual do alongamento máximo, partindo de $617 \pm 143\%$ para a borracha natural, até $398 \pm 43\%$ para o compósito com 25% de endocarpo. A redução de alongamento não é desejada para elastômeros, entretanto, o efeito de reforço, observado pelo aumento na tensão na ruptura, é normalmente acompanhado de redução em outras propriedades mecânicas.

A aditivação de pó de endocarpo à borracha não causa mudanças significativas na rigidez dos materiais obtidos, pois, apesar de ser verificado um leve aumento no módulo de Young, esse efeito não é significativo considerando os desvios das medidas.

Conclusões

É possível concluir que endocarpo de macaúba moído pode ser acrescentado ao látex de borracha natural para formação de filmes compósitos escuros. As amostras assim geradas apresentaram tensão na ruptura maior que a borracha pura, entretanto, o alongamento na ruptura é menor. Os materiais não apresentaram diferenças significativas em seus módulos de Young.

Apoio financeiro

Este estudo é apoiado pela Embrapa. Os autores agradecem Leo Duc Haa Carson Schwartzaupt da Conceição e à Embrapa Cerrados, pela doação dos endocarpos. Os autores agradecem Juarez Lopes da Silva pelas ideias e execução da limpeza e moagem dos endocarpos.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3039**: standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials. West Conshohocken, 2004.

DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; MARIA, V.; DUMONT, P. V. Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 1, p. 79-86, 2010.