

DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTO DE EMBALAGEM CELULÓSICA À BASE DE CERA DE CARNAÚBA

Daniele Sales de **Oliveira**¹; Gustavo Henrique **Moraes**²

Nº 24217

RESUMO – Em função de problemas ambientais associados a embalagens plásticas, tais como dependência da exploração do petróleo, um recurso finito, e dificuldade de reciclagem de estruturas plásticas flexíveis multicamadas, faz-se necessário o desenvolvimento de soluções alternativas sustentáveis. Uma possibilidade de substituição desses materiais são as embalagens compostas por material celulósico revestido com materiais de fontes renováveis capazes de melhorar as suas propriedades mecânicas e de barreira (ao oxigênio, vapor de água etc.), e que possam retornar ao sistema de produção através da reciclagem mecânica. Este trabalho busca a implementação de cera de carnaúba para essa finalidade. Foram preparadas emulsões de Tween 80 e cera de carnaúba nas proporções 1:4, 1:5, 1:6 e 1:7 (Tween 80 : cera, em massa) com 35% de conteúdo sólido. Foram realizados ensaios para se determinar as propriedades mecânicas e de barreira para cada formulação de revestimento, tendo destaque o papel revestido com a formulação 1:4 que apresentou as melhores propriedades devido ao eficiente recobrimento dos poros do papel e à formação de um filme com as menores incidências de rachaduras e perfurações. Esse efeito foi atribuído ao comportamento plastificante do Tween 80, que permitiu uma maior fluidização das cadeias da cera diante de estresses mecânicos da manipulação dos papéis revestidos. Apesar da uma melhoria de algumas das propriedades de barreira do papel, os revestimentos não apresentaram ganhos, mas também não prejudicaram as propriedades mecânicas do papel. Os ensaios de gramatura e espessura evidenciaram a dependência dessas propriedades com o modo de aplicação dos recobrimentos.

Palavras-chaves: Cera de Carnaúba, plastificante, barreira, embalagem celulósica, emulsões.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Química Tecnológica, UNICAMP, Campinas-SP; d244572@dac.unicamp.br
2 Orientador: Pesquisador do Centro de Tecnologia de Embalagem, Campinas-SP; gustavo.moraes@ital.sp.gov.br

ABSTRACT – *Due to environmental problems associated with plastic packaging, such as dependence on oil exploration, a finite resource, and difficulty in recycling multilayer flexible plastic structures, it is necessary to develop sustainable alternative solutions. One possibility for replacing these materials is packaging composed of cellulosic substrates coated with biobased formulations capable of improving their mechanical and barrier properties (to oxygen, water vapor, etc.), and which can promote the return to the production system of the fibers through mechanical recycling. This work seeks to implement carnauba wax for this purpose. Emulsions based on Tween 80 and carnauba wax were prepared in the proportions of 1:4, 1:5, 1:6, and 1:7 (Tween 80 : wax, in weight) with 35% of solid content. Tests were carried out to determine the mechanical and barrier properties for each coating formulation, highlighting the paper coated with the 1:4 formulation, which presented the best properties due to the efficient covering of the paper pores and the formation of a film with the lower incidence of cracks and pinholes. This effect was attributed to the plasticizing effect caused by Tween 80, which allowed a greater fluidization of the wax chains when mechanical stress is applied during handling of the coated papers. Despite an improvement in some of the paper's barrier properties, the coatings did not show gains, but they also did not jeopardize the mechanical properties of the paper. Grammage and thickness tests showed the dependence of these properties on the method of application of the coatings.*

Keywords: Carnauba wax, plasticizer, barrier, cellulosic packaging, emulsions.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Embalagens celulósicas e revestimentos de fontes renováveis

O uso de embalagens adequadas frente a estresses ambientais como luz, oxigênio, umidade e microrganismos é fundamental para a garantia da saúde do consumidor. Ademais, a embalagem que cumpre a sua função basal de proteção do produto permite o seu acondicionamento por períodos e distâncias de distribuição superiores, contribuindo assim, para ganhos na atividade econômica (LANDIM et al, 2016).

Representando ainda um percentual considerável da composição das embalagens, os polímeros derivados do petróleo possuem características intrínsecas, tais como baixo peso, baixo custo, elevadas resistências mecânica e química, flexibilidade, possibilidade de aditivação e reciclabilidade, que representam vantagens em sua utilização comparativamente a outros materiais (LANDIM et al, 2016). Contudo, dentre as desvantagens dos plásticos estão a alta complexidade para a reciclagem de estruturas contendo mais de uma camada de polímeros quimicamente diferentes, e o fato de serem majoritariamente provenientes de fonte não renovável. Deste modo, uma das possibilidades, se orquestrada com outras ações que se somem para a redução dos impactos ambientais das embalagens, é a substituição desses materiais por embalagens celulósicas

revestidas com macromoléculas de origem renovável e que possuam desempenhos mecânico e de barreira competitivos com as embalagens convencionais disponíveis hoje no mercado.

Apesar de ser uma boa alternativa de substituição dos polímeros, a natureza hidrofílica dos grupos hidroxila e a formação de poros na estrutura dos substratos celulósicos decorrentes da deposição das fibras tornam esses materiais altamente suscetíveis à permeação de gases e vapor de água, além de limitarem a resistência mecânica (LANDIM et al, 2016). Essas características são contornadas na pesquisa científica e nas indústrias de embalagens celulósicas pelo emprego de filmes e revestimentos a esses materiais, com os objetivos de melhorar as suas propriedades mecânicas e de barreira, visando a proteção do produto acondicionado, evitando-se perdas e garantindo-se a segurança do consumidor. Alguns exemplos são revestimentos a base de polissacarídeos (Ex. amido e quitosana), proteínas (Ex. soja e glúten), e lipídeos (Ex. ácidos graxos e ceras vegetais, a exemplo a cera de carnaúba) (BARBOSA, 2010; DOMINGOS, 2018).

1.2 Cera de Carnaúba e suas aplicações

Extraída das folhas da Carnaubeira (*Copernicia prunifera*) (palmeira típica da região Nordeste do Brasil, principalmente do Estado do Ceará), a cera de carnaúba é um produto com forte demanda industrial, para aplicações nas áreas da saúde (Ex.: componente de cápsula de medicamento), cosmética (Ex.: composição de batons) e outras (Ex.: ceras de polimento para automóveis e papel carbono) (ODETE; JACKSON, 2006). As suas propriedades de alto ponto de fusão, brilho e resistência tornam a sua presença de difícil substituição na formulação de diversos produtos comerciais (DA SILVA, 1985). Apesar das vantagens de utilização desta cera natural e de o Brasil ser a principal fonte da matéria-prima, há espaço para crescimento do mercado nacional de produtos a base do material, visto que mais de 95% do montante produzido no país é exportado na sua forma bruta (ADEMAR et al, 2009).

Os componentes da cera de carnaúba possuem cadeias carbônicas longas, nas formas de hidrocarbonetos, ácidos graxos, álcoois e ésteres (FREITAS, 2011). Devido às cadeias apolares das moléculas, a sua aplicação em embalagens pode agregar propriedades de barreira ao vapor d'água, necessária a produtos sensíveis a este fator do ambiente (SLAVUTSKY; BERTUZZI, 2016).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Formulações e aplicação

Em um béquer de 250 mL foram adicionados em torno de 100 mL de água deionizada e quantidades de Tween 80 e de cera de carnaúba nas proporções mássicas 1:4, 1:5, 1:6 e 1:7 (Tween 80 : Cera), obtendo-se emulsões com conteúdos sólidos teóricos de 35%. As soluções foram aquecidas a 90 °C e agitadas a 15.000 rpm por 20 min. Em seguida, as soluções foram resfriadas até a temperatura ambiente, mantendo-se a agitação a 4.000 rpm (Liu et al., 2019; Lozhechnikova

et al., 2017; Matos et al., 2019). Os revestimentos foram depositados por um aplicador automático de filmes em lâmina (Modelo Blade Coater/Tape Cast - BC-01, da empresa Autocoat), um aplicador manual em barra (da empresa Erichsen), ambos com espessuras de aplicação de 60 μm e com secagem dos papéis realizada à temperatura ambiente, e por um aplicador automático de filmes em barra, modelo SVA-B (Mathis Ltda) (35 μm de espessura do filme úmido). A variação dos métodos de aplicação foi decorrente da disponibilidade de equipamentos durante o período do projeto.

2.4 Caracterização por espectroscopia no infravermelho

As análises de espectroscopia no infravermelho foram realizadas em equipamento Perkin Elmer com transformada de Fourier, modelo Spectrum 100. Foi utilizada a técnica de refletância total atenuada (ATR). Os espectros no infravermelho foram obtidos conforme as normas ASTM E573-01 (2021) e ASTM E1252-98 (2021).

2.5 Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) foi utilizada para avaliação das características de fusão dos materiais. O ensaio foi realizado com base na norma ASTM D3418-21 em equipamento Discovery DSC 250 (TA Instruments). Cerca de 10 mg dos materiais foram analisados em cadinhos herméticos. Inicialmente, suas histórias térmicas foram destruídas por meio do aquecimento até 110 °C e isoterma por 5 minutos. Seguiu-se um resfriamento até -50 °C, isoterma por 5 minutos e novo aquecimento até 110 °C. Os aquecimentos e resfriamentos foram feitos a 20 °C/min.

2.6 Espessura dos revestimentos

A espessura dos substratos revestidos foi determinada com base na norma ABNT NBR NM ISO 534 (2006) com sistema de medição de espessura Mitutoyo, com resolução de 0,5 μm . Foram avaliados 5 corpos de prova de cada amostra.

2.7 Gramatura dos revestimentos

A gramatura dos revestimentos foi determinada por diferença entre a gramatura do substrato revestido e a gramatura do substrato sem revestimento. O ensaio envolveu a pesagem de uma área de 25 cm^2 do material, em balança analítica Mettler, modelo AE 163, com resolução de 0,1 mg, com base na norma ABNT NBR NM ISO 536 (2002). Foram avaliados 5 corpos de prova de cada amostra.

2.8 Microscopia eletrônica de varredura

As superfícies revestidas e as seções transversais das amostras foram avaliadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microanálise de raios-X por dispersão de energia (EDX), de acordo com Goldstein et al. (1992), para avaliação visual da sua deposição.

2.9 Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA)

A taxa de permeabilidade ao vapor de água foi determinada segundo a norma ASTM E 96/E 96M (23 °C e 50% de umidade relativa), pelo método gravimétrico.

2.10 Porosidade

A determinação de permeância e resistência ao ar (porosidade) foi determinada segundo a norma ABNT NBR NM ISO 5636-5:2006, baseada no método de Gurley.

2.11 Cobb₆₀

A capacidade de absorção de água foi determinada com base na norma ABNT NBR NM ISO 535 (1999), pela diferença de massa da amostra antes e após o contato com água por 60 segundos (Cobb₆₀), aferida em balança analítica Mettler, modelo AE 163, com resolução de 0,1 mg. Foram avaliados 5 corpos de prova por amostra.

2.12 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas do substrato base e dos materiais revestidos foram avaliadas em máquina universal de ensaios Instron, modelo 5966-E2, operando com célula de carga de 1 kN, a uma velocidade de 20 mm/min, com base na norma ABNT NBR NM ISO 1924-2. Foram avaliados dez corpos de prova de cada amostra nas dimensões 150 mm x 15 mm.

2.13 Análise estatística dos dados

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo método ANOVA, adotando-se 95% de intervalo de confiança dos dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização por espectroscopia no infravermelho

Entre as bandas de transmitância observadas por FT-IR das formulações após secagem (Figura 1), vale destacar os sinais ao redor de 2915 cm⁻¹ e 2842 cm⁻¹ correspondentes à ligações C-H de hidrocarbonetos alifáticos, ao redor de 1735 cm⁻¹ correspondente à vibração da ligação C=O, e em 719 cm⁻¹ devido à ligações C-H (MARQUES et al, 2018). Na Figura 1 é possível observar a sobreposição dos espectros das diferentes formulações avaliadas, com uma distinção sutil na banda ao redor de 1112 cm⁻¹, região correspondente ao alongamento da ligação C-O-C, grupo funcional presente na molécula de Tween 80 (CHOUDHURY et al, 2013). Há um aumento da intensidade desta banda conforme a quantidade do emulsificante aumenta na formulação.

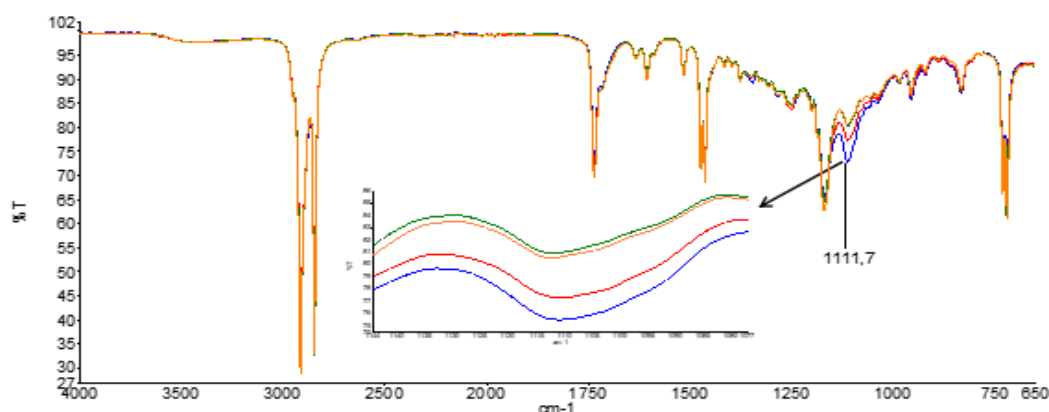


Figura 1. Espectros de transmitância no infravermelho das formulações 1:4 (Azul), 1:5 (Vermelho), 1:6 (Verde) e 1:7 (Laranja).

3.6 DSC

Os resultados de DSC demonstram uma relação linear entre a concentração de Tween 80 e a energia necessária para fusão da cera (Figura 2). Isso ocorre em função da ação plastificante do emulsificante, ao reduzir a densidade de interações intermoleculares entre as próprias cadeias da cera, provocando um afastamento e um enfraquecimento dessas interações.

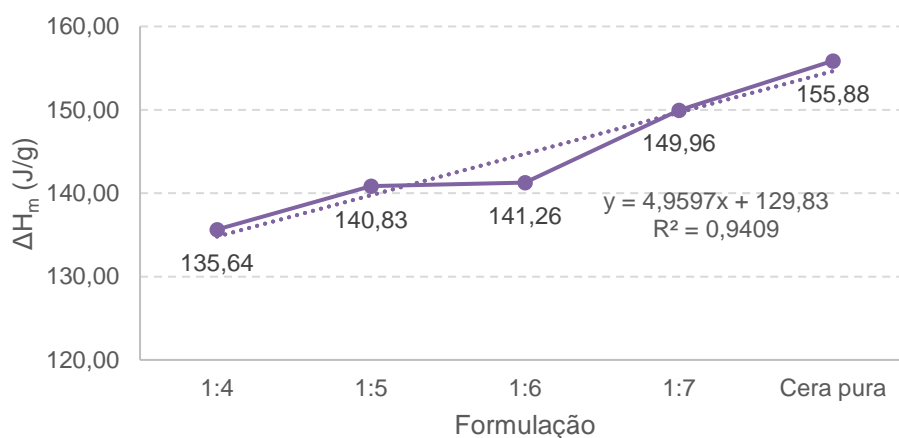


Figura 2. Entalpia de fusão (ΔH_m) da cera de carnaúba e das emulsões à base da cera e de Tween 80.

3.7 Gramatura

Os ensaios evidenciaram a dependência da quantidade de material depositado com o modo de aplicação, conforme apresentado na Figura 3. Na aplicação em lâmina, não houve diferença estatística significativa, ao nível de 95% de confiança ($\alpha = 0,05$), entre as gramaturas das diferentes formulações. Contudo, as aplicações em barra (manual e automática) apresentaram diferenças entre as formulações. Para estas, foi observado uma tendência de aumento da gramatura com o aumento da proporção de cera na formulação. A formulação 1:7 apresentou gramaturas mais elevadas devido ao acúmulo de revestimento em algumas regiões da superfície do substrato e pela formação de grânulos devido ao comprometimento da solubilidade da cera na presença da menos Tween 80.

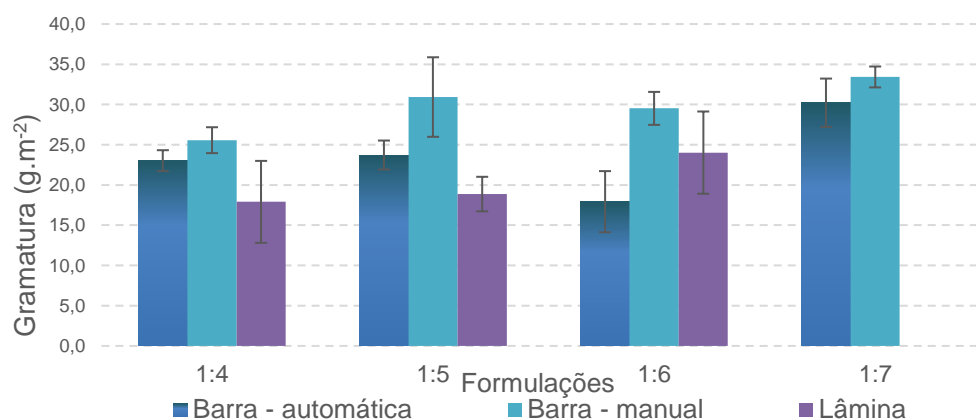


Figura 3. Gramatura dos revestimentos em função da formulação, com diferentes modos de aplicação.

3.7 Espessura

Os resultados de espessura dos revestimentos foram de acordo com os resultados de gramatura (Figura 4). Com a lâmina, não houve diferença ($\alpha = 0,05$) entre as gramaturas das diferentes formulações. Contudo, as aplicações em barra (manual e automática) apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as formulações e entre si para uma mesma formulação.

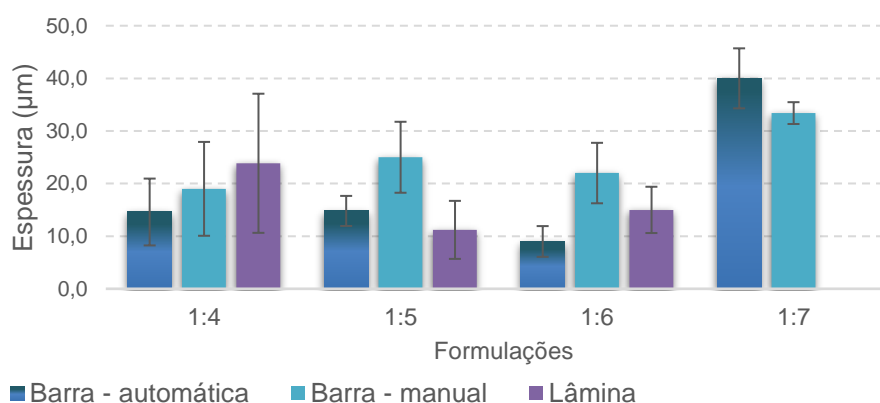


Figura 4. Espessura dos revestimentos em função da formulação, com diferentes modos de aplicação.

3.1 Microscopia eletrônica de varredura

Na Tabela 1 são apresentadas as micrografias das amostras, para a aplicação em lâmina. As imagens indicam a formação de uma camada de recobrimento sobre o substrato celulósico, com baixa penetração ao longo da espessura do papel. A proporção 1:4, com a maior quantidade proporcional do Tween 80, apresentou uma menor incidência de falhas (perfurações e rachaduras), possivelmente pela ação plastificante do Tween 80, uma vez que a sua calda carbônica tende a se alojar entre as cadeias hidrofóbicas da cera. Esse efeito foi visto no DSC. Vale destacar que com o afastamento das cadeias da cera entre si, a movimentação molecular é facilitada, contribuindo para uma menor rigidez e uma maior flexibilidade do revestimento (RODOLFO et al 2006). Isso pode se traduzir em menores incidências de falhas ocasionadas pela dispersão das tensões geradas na

movimentação mecânica do material revestido, quanto maior a porcentagem do emulsificante na formulação.

Tabela 1. Imagens obtidas em MEV com detector BSE, com aumento de 500x, do papel Kraft sem revestimento e do papel Kraft revestido com as diferentes formulações à base de cera de carnaúba e Tween 80, com aplicação em lâmina.

Formulação	Face revestida	Seção transversal
Papel sem revestimento		
Papel revestido com a formulação 1:4		
Papel revestido com a formulação 1:5		
Papel revestido com a formulação 1:6		

3.2 Taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA)

O papel Kraft sem revestimento apresentou uma alta taxa de permeabilidade ao vapor de água ($1150,9 \text{ g}_{\text{água}} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$) (Figura 5), em função dos grupos hidroxila presentes na celulose e da sua estrutura porosa. Com a aplicação dos revestimentos, obteve-se uma redução máxima de 81% do TPVA do papel, para o revestimento de proporção 1:4, com menos poros e rachaduras.

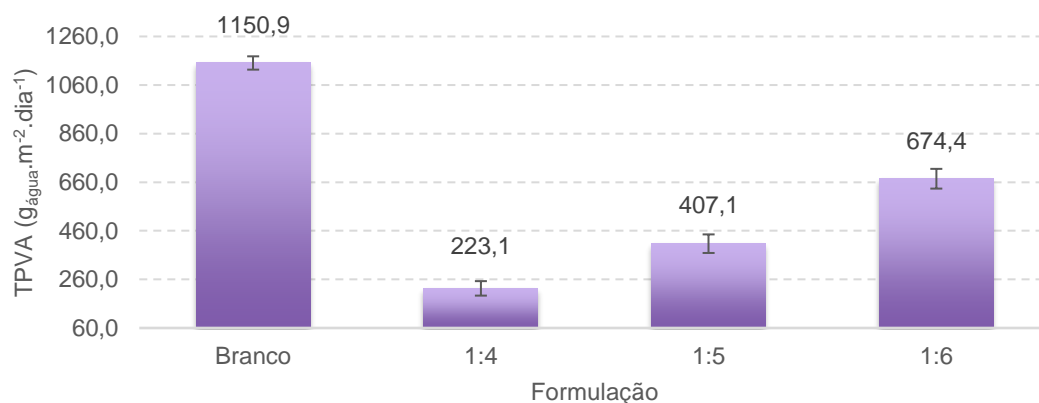


Figura 5. Taxa de permeabilidade de vapor de água por formulação de revestimento, com aplicação em lâmina.

3.3 Porosidade

Na determinação da porosidade das amostras, observou-se uma tendência similar ao observado na análise de TPVA. Nota-se uma alta porosidade do papel Kraft não revestido, com redução significativa após revestido. Os revestimentos 1:4 e 1:5 apresentaram os menores valores por conta das menores ocorrências de falhas para essas formulações.

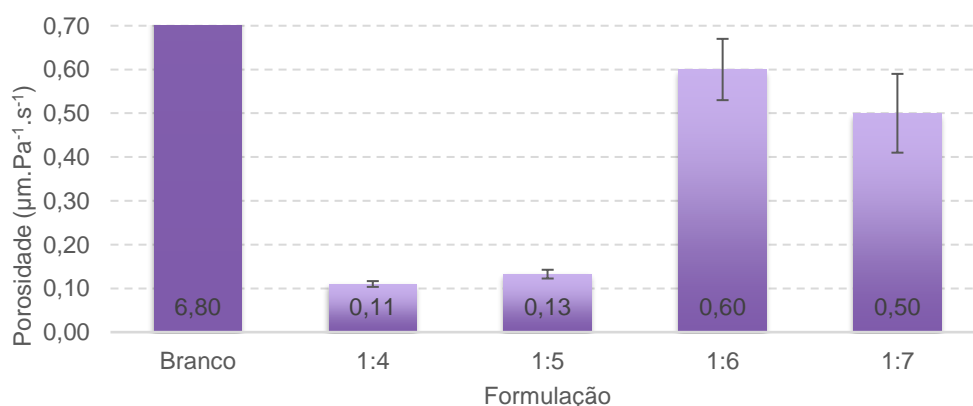


Figura 6. Porosidade dos substratos em função da formulação, com aplicação em barra automática.

3.4 Cobb₆₀

O recobrimento com as formulações 1:4 e 1:5 reduziu em 57% e em 32%, respectivamente, a capacidade de absorção de água do papel Kraft (Figura 7). Para as demais formulações, os poros e rachaduras mais pronunciados permitiram a percolação de água pelas falhas, seguido de absorção do líquido ao longo da espessura dos recobrimentos e pelo substrato celulósico revestido.

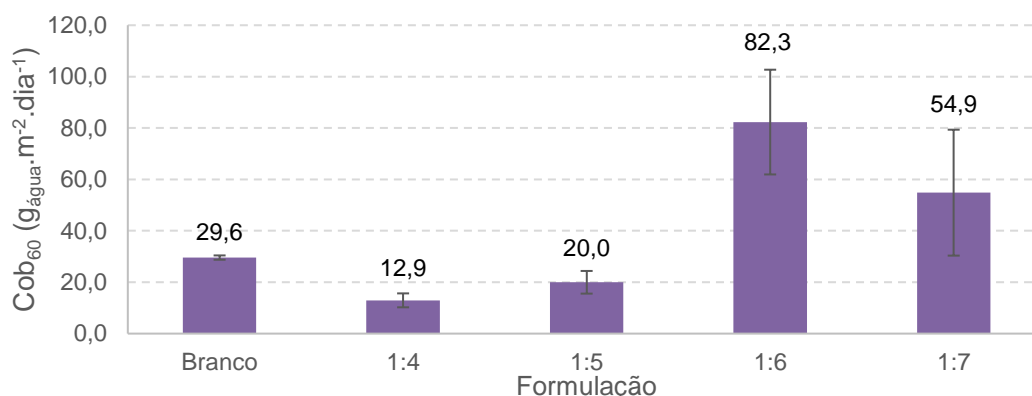


Figura 7. Capacidade de absorção de água em função da formulação, com aplicação em barra automática

3.8 Propriedades Mecânicas

O revestimento hidrofóbico estudado não promoveu ao papel uma melhora ou uma piora significativa das propriedades mecânicas do material, tanto em relação à resistência máxima à tração quanto ao alongamento na ruptura, para ambas as direções de fabricação do papel e de aplicação dos revestimentos, conforme apresentado nas Figuras 8 e 9. Apesar de a maior concentração relativa de emulsificante melhorar a plasticidade da cera, o material continua quebradiço quando tracionado, de tal forma que o comportamento mais resistente do papel se sobressaiu nos ensaios de tração.

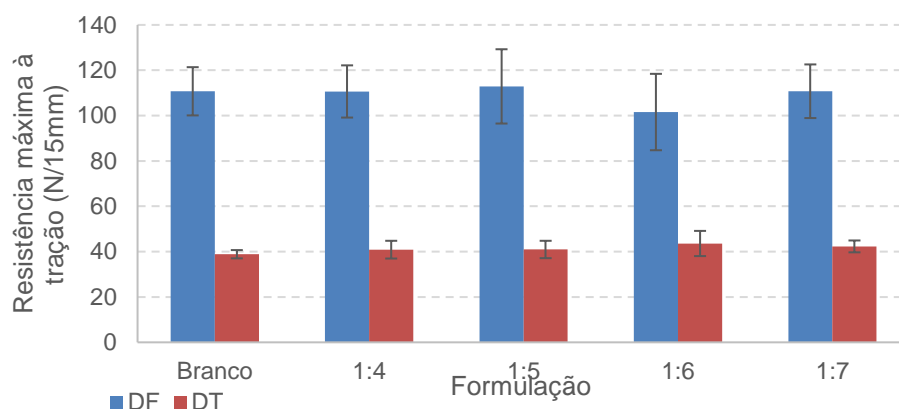


Figura 8. Resistência máxima à tração nas direções de fabricação (DF) e transversal à de fabricação (DT), com aplicações em barra manual.

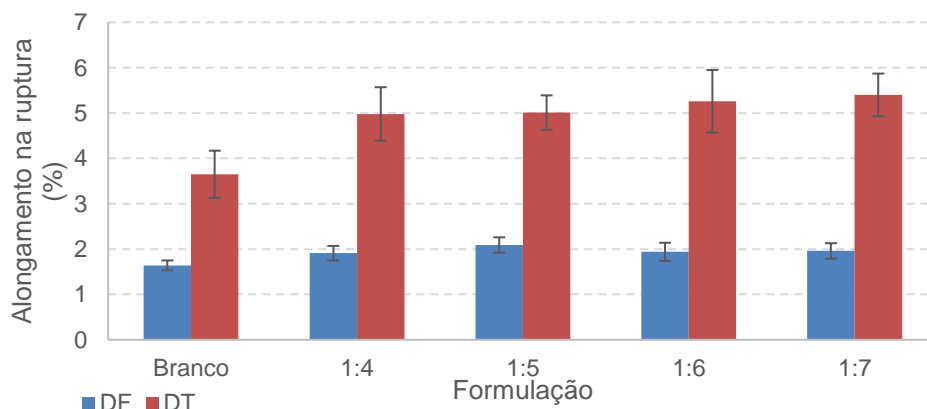


Figura 9. Alongamento na ruptura nas direções de fabricação (DF) e transversal à de fabricação (DT), com aplicações em barra manual.

4. CONCLUSÃO

Com base nas análises realizadas foi possível constatar que o emulsificante desempenha um papel essencial nas propriedades de barreira do revestimento decorrente de sua ação plastificante capaz de reduzir a ocorrência de rachaduras e perfurações provenientes de estresses mecânicos decorrentes da manipulação dos papéis revestidos. A formulação de proporção 1:4, a qual possui a maior quantidade proporcional de emulsificante em sua composição apresentou os melhores desempenhos de barreira. Tal formulação foi capaz de reduzir a permeabilidade ao vapor de água do papel Kraft em cerca de 81%, alcançando o valor de $223,1 \text{ g}_{\text{água}} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ e a porosidade do mesmo em cerca de 98%, alcançando o valor de $0,11 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Uma redução menos acentuada foi observada na capacidade de absorção de água do papel, de 57%, também para a proporção 1:4, e uma piora desta capacidade referente as formulações 1:6 e 1:7. Portanto, apesar de possuir uma excelente barreira à permeação de ar, faz-se necessário um aprimoramento do revestimento em relação a sua capacidade de absorção de água.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida, ao Cetea/ITAL pela infraestrutura disponibilizada e aos seus colaboradores que contribuíram com o desenvolvimento do projeto e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) no âmbito do Centro de Ciência e Desenvolvimento de Soluções para os Resíduos Pós Consumo: Embalagens e Produtos – CCD Circula (Processo nº 2021/11967-6). Agradeço aos pesquisadores Patrícia Yasumura e Renan Fernandes, ambos do Laboratório de Celulose Papel e Embalagem (LPCE) do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), pela disponibilização do aplicador automático de filmes, e ao meu orientador Gustavo Henrique Moraes pela orientação teórica e prática concedida.

6. REFERÊNCIAS

- ADEMAR, J. et al. **Cera de Carnaúba**. Cadernos de Prospecção • v. 2 • n. 1 • p. 36 – 38, 2009. Disponível em: <<http://www.seagri.ce.gov.br/>>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 534:2006: Papel e cartão - Determinação da espessura, densidade e volume específico. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 15 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 535:1999 Versão corrigida:2011: Papel e cartão - Determinação da capacidade de absorção de água – Método de Cobb. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 536:2000 Versão Corrigida:2002: Papel e cartão - Determinação da gramatura. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 1924-2:2012: Papel e cartão - Determinação das propriedades de tração - Parte 2: Método da velocidade constante de alongamento (20 mm/min) (ISO 1924-2:2008 IDT). Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 15 p.



ASTM INTERNATIONAL. ASTM E96/E 96 M-21: standard test methods for water vapor transmission of materials. West Conshohocken, 2021. 15 p.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM E573-01(2021): standard practices for internal reflection spectroscopy. West Conshohocken: ASTM, 2021. 17 p.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM E1252-98(2021): standard practice for general techniques for obtaining infrared spectra for qualitative analysis. West Conshohocken: ASTM, 2021. 13 p.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM D3418-21: standard test method for transition temperatures and enthalpies of fusion and crystallization of polymers by differential scanning calorimetry. West Conshohocken: ASTM, 2021. 8 p.

BARBOSA, A. **Processo de revestimento à base de quitosana em papel Kraft: Propriedades Mecânica de Barreira e Biodegradabilidade**. Grau Doutor em Engenharia Química – Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2010.

CARDOSO, J. **Avaliação da estabilidade de uma emulsão cosmética cold cream contendo diferentes tipos de ceras**. Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Química Industrial – UNIVATES, Lajeado, 2016.

Choudhury, R, et al. Evaluation of physicochemical properties, and antimicrobial efficacy of monoclinic sulfur-nanocolloid. Journal of Nanoparticle Research, 2013.

DA SILVA, F. **Ensaio especiais; carnaúba**. IBRE/FGV, 1985.

DAVI, T. **Síntese e aplicação de revestimentos à base de fécula, quitosana e cera de carnaúba na conservação pós-colheita da banana**. Grau Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, MOSSORÓ – RN, 2017.

DOMINGOS, A. et al. **Caracterização de revestimento biopolimérico visando aplicação em embalagens celulósicas**. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 4, p. 196 – 201, 2018.

FREITAS, M. **Obtenção de álcoois de cadeia longa a partir da cera de carnaúba**. Grau Mestre em Engenharia Química – Universidade Federal do Ceará, FORTALEZA-CE, 2011.

GOLDSTEIN, J. I.; NEWBURY, D. E.; ECHLIN, P.; JOY, D. C.; ROMIG Jr., A. D.; LYMAN, C. E.; FIORI, C.; LIFSHIN, E. Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis: a text for biologists, materials scientists, and geologists. 2nd ed. New York: Plenum Press, 1992. 819p.

LANDIM, A. P. M. et al. **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil**. Polímeros, v. 26, p. 82–92, 2016.

LIU, Bing Ying et al. **Fabrication of superhydrophobic coatings with edible materials for super-repelling non-Newtonian liquid foods**. Chemical Engineering Journal, [s. l.], v. 371, p. 833–841, 2019.

LOZHECHNIKOVA, Alina et al. **Surfactant-free carnauba wax dispersion and its use for layer-by-layer assembled protective surface coatings on wood**. Applied Surface Science, [s. l.], v. 396, p. 1273–1281, 2017.

MARQUES, E, et al. **SÍNTESE DE NANOCARREADORES LIPÍDICOS À BASE DE CERAS DE ABELHA E CARNAÚBA PARA ENTREGA DE ANTIOXIDANTE NATURAL**, 2018.

MATOS, et al. **Incorporation of nanomaterials and emulsion of waxes in the development of multilayer papers**. Scientia Forestalis/Forest Sciences, [s. l.], v. 47, n. 122, 2019.

RODOLFO, A, et al. Tecnologia do PVC – Braskem, 2 ed, 2006.

SLAVUTSKY, A; BERTUZZI, M. **Improvement of water barrier properties of starch films by lipid nanolamination**. Food Packaging and Shelf Life, v. 7, p. 41-46, 2016.