

NOVA TECNOLOGIA SEM CONTEÚDO DE ADIÇÃO INTENCIONAL DE FLUOROQUÍMICOS – PFAS FREE PARA RESISTÊNCIA A ÓLEOS E GRAXAS EM EMBALAGENS PARA CONTATO COM ALIMENTOS DO TIPO POLPA MOLDADA

Katiane Segantini¹, Athos Albuquerque Maranhão¹

¹ *Solenis Especialidades Químicas Ltda., Brasil*

RESUMO

Encontrar alternativas mais coerentes, na perspectiva da sustentabilidade, para as embalagens do tipo contato com alimentos, principalmente as de uso único, é um dos desafios da sociedade moderna. A utilização do plástico, além do baixo custo, garante a preservação das propriedades dos alimentos, todavia traz muito debate sobre as consequências alarmantes, como o uso inconsciente, geração do lixo e os seus problemas de poluição, taxas baixíssimas de reciclagem e o tempo elevado para a decomposição da embalagem. Em contrapartida, pouco se discute sobre outro aspecto dessas embalagens, referente a segurança dos alimentos. Para se obter um artigo é necessário uma série de materiais e esses são compostos por uma série de aditivos químicos e estes por fim são objeto de preocupação. Por isso, com os anos regulações foram realizadas a fim de proteger o consumidor sobre a migração dos aditivos da embalagem para o alimento. É possível ver símbolos que discriminam que a embalagem possa ser utilizada para contato com o alimento, é possível saber quais são os tipos de plásticos mais seguros para embalagens para líquidos, entretanto estamos aquém de estarmos seguros. Logo observa-se um aumento da conscientização pública sobre o assunto principalmente para o consumo de embalagens de uso único. Hoje racionaliza-se sobre a incoerência do uso de um copo descartável, de uma bandeja de polímero poliestireno expandido, muitas vezes utilizados por alguns segundos e não obstante muitos anos para se decompor. Uma alternativa ao poliestireno são os artigos de polpa moldada, fabricados com fibras naturais (essencialmente celulose) e são recicláveis, biodegradáveis e compostáveis assim como os papéis. Todavia, diversos são os desafios para a fabricação desses artigos de polpa moldada, para entregarem as mesmas propriedades entregues pelos plásticos, por exemplo barreira a gordura. Então se faz necessário o uso de aditivos como per fluoro químicos, conhecidos como PFAS que são moléculas versáteis e persistentes, utilizadas em diferentes produtos

para consumo, processos industriais e agricultura. As aplicações em embalagens de polpa moldada são realizadas particularmente para proteger a embalagem de alimentos gordurosos quentes, que serão destinados a serem aquecidos na embalagem ou armazenados por um período prolongado. Entretanto, essas moléculas geram implicações significativas a saúde humana e o meio ambiente. Este trabalho apresenta uma tecnologia alternativa dentro das conformidades regulatórias e ambientais e os desafios inerentes à fabricação e comercialização desses artigos no Brasil.

Palavras-chave: *Embalagem para contato com alimentos, biodegradável, compostável, reciclável, livre de PFAS.*

INTRODUÇÃO

O mercado global de embalagens para contato com alimentos do tipo polpa moldada, avaliado em 2023, foi de USD 6.59 bilhões e espera-se que alcance USD 12.66 bilhões até 2033. Ao avaliar por região no globo, observado que a região com o maior mercado é Ásia-pacífico conforme Figura 1.

Em termos do tipo de fonte (matéria-prima) utilizado para a polpa verifica-se que em 2023 obteve-se maior utilização de polpa de fonte de madeira, em inglês wood Pulp conforme Figura 2: Mercado de polpa moldada, por fonte, 2023 (%) (Molded Pulp Packaging Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034, 2024).

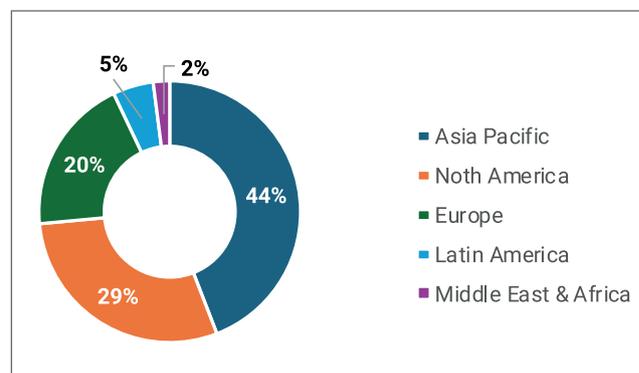


Figura 1. Mercado de polpa moldada, por região, 2023 (%)

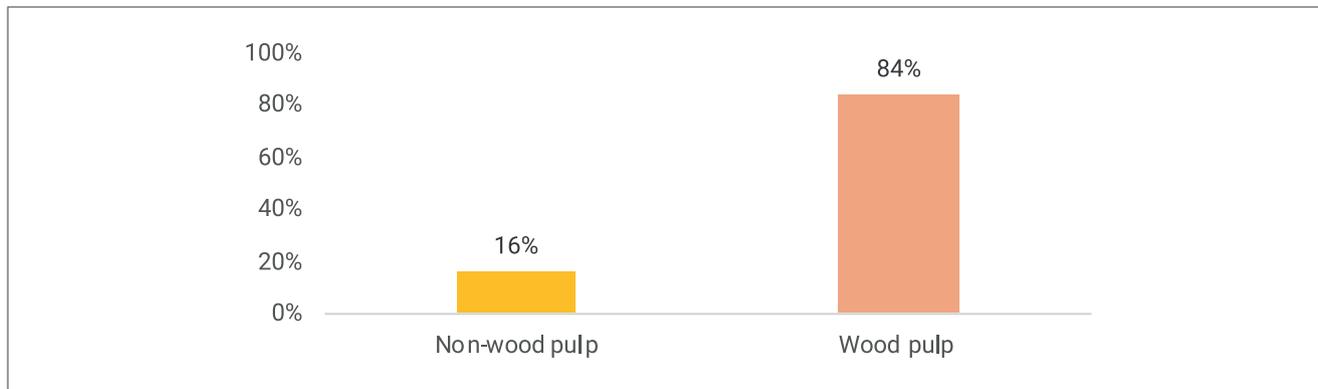


Figura 2. Mercado de polpa moldada, por fonte, 2023 (%)

De acordo com o Relatório Anual 2024, da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), em termos de produção de celulose de fonte de madeira, o Brasil fica atrás apenas dos Estados Unidos (InvestSP, 2023). Logo é esperado que a participação da região latina-americana aumente com o decorrer dos anos para os mercados de polpa moldada, uma vez que a fonte de celulose é abundante no Brasil.

Em 2018, embalagens plásticas descartáveis para alimentos para viagem e suas alternativas, sendo esses artigos de uso único representaram 40% do mercado global de embalagens para alimentos muitas vezes sendo não recicláveis, não compostáveis gerando enorme demanda em aterros criando problemas ambientais significativos em terra, rio e oceanos (SEMPLE, ZHOU, *et al.*, 2022).

Artigos de uso único do tipo polpa moldada podem ser uma alternativa para o uso de embalagens plásticas descartáveis, porém muitas vezes esses artigos para entregarem as propriedades necessárias para a embalagem como barreira a óleos quentes precisam de aditivos químicos e estes por fim são objeto de preocupação nesse estudo.

Normalmente são utilizados aditivos como per fluoro químicos, conhecidos como PFAS que são moléculas versáteis e persistentes, utilizadas em diferentes produtos para consumo, processos industriais e agricultura. Os PFAS quando adicionados na suspensão fibrosa, as fibras interagem com a forte carga de superfície catiônica (+) do PFAS, que se liga fortemente aos grupos OH⁻ carregados negativamente

nas fibras de celulose, criando forte repelência à água e aos lipídios (Semple, Zhou, Rojas, Nkeuwa, & Dai, 2022). Essas moléculas geram implicações significativas a saúde humana e o meio ambiente porque a molécula de PFAS, conhecida como *forever chemical* contém ligações covalentes do tipo polar entre o flúor e o carbono, e ademais o flúor por sua eletronegatividade aproxima essas ligações devido ao caráter iônico tornando a molécula forte e persistente. Este trabalho apresenta uma tecnologia alternativa, livre de conteúdos adicionais de PFAS, dentro das conformidades regulatórias e ambientais.

ASPECTOS EXPERIMENTAIS

1. Material

Foram avaliadas amostras de artigos preparados em laboratório a partir de celulose de fonte de madeira, processo kraft com aplicação de tecnologia livre de conteúdos intencionais de PFAS conforme apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Amostras avaliadas em laboratório, material tipo celulose branqueada de fonte de madeira de eucalipto e de pinus (hard e softwood) & tecnologia Solenis.

MÉTODO

Primeiro, os diferentes tipos de celuloses foram desagregados e repolpados atendendo a ABNT NBR ISO5263-1:2005 através do uso do equipamento Desintegrador automático, modelo DSG-21, fabricante Regmed.

Tabela 1. Amostras avaliadas em laboratório, material tipo celulose branqueada de fonte de madeira de eucalipto e de pinus (hard e softwood) & tecnologia Solenis

Material	Identificação
Bleached HWK (<i>no refined</i>)	BHWK
Bleached SWK (<i>no refined</i>)	BSWK
Tecnologia livre de conteúdos intencionais de PFAS (<i>PFAS free</i>)	Tecnologia Solenis

A consistência total em seco, Cst% foi realizada para avaliação da consistência após a desagregação.

Após a preparação da porção para o ensaio, as polpas foram refinadas para atender grau de refinação para os níveis 28°SR e 40°SR através do refinador tipo de disco, modelo MD300, fabricante Regmed conforme procedimento operacional padrão interno, PTCPP-26. A avaliação do refino foi realizada através do teste de Schopper – Riegler pneumático, modelo SR/P, fabricante Regmed de acordo com ABNT NBR14031:2004.

Em seguida a refinação, para a realização das folhas de papel de laboratório, realizado a diminuição da consistência utilizando o homogeneizador de bancada, modelo distribuidor D150, fabricante Regmed.

A tecnologia Solenis foi aplicada como colagem interna na polpa celulósica refinada e folhas de papel foram realizadas com alta gramatura, alta densidade aparente e alta espessura simulando a estrutura composta em um artigo de polpa moldada através do equipamento formador de folhas convencional,

modelo FC21, fabricante Regmed; prensa pneumática para folhas de laboratório, modelo SP-21, fabricante Regmed; secadora de folhas, modelo Dryer, fabricante Techpap adaptando o método ABNT NBR 5269-1.

Subsequentemente as folhas realizadas foram climatizadas em ambiente controlado de acordo com a ISO 187 por 24 horas. Para avaliação de performance foram avaliados o grau de repelência a gordura – Kit Oil test, de acordo com a TAPPI T559 pm-96 e através da avaliação do Cobb óleo de soja, utilizado com referência a TAPPI/ANSI T 441 om-13 alterando a água por óleo de soja refinado convencional de mercado.

O método é apresentado na Figura 3: Fluxograma de ilustração do método utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação de laboratório

A seguir é apresentado os dados de laboratório na Tabela 2. Dados estudo experimental utilizando tecnologia livre de PFAS.

Conforme é possível observar nos dados, em comparação

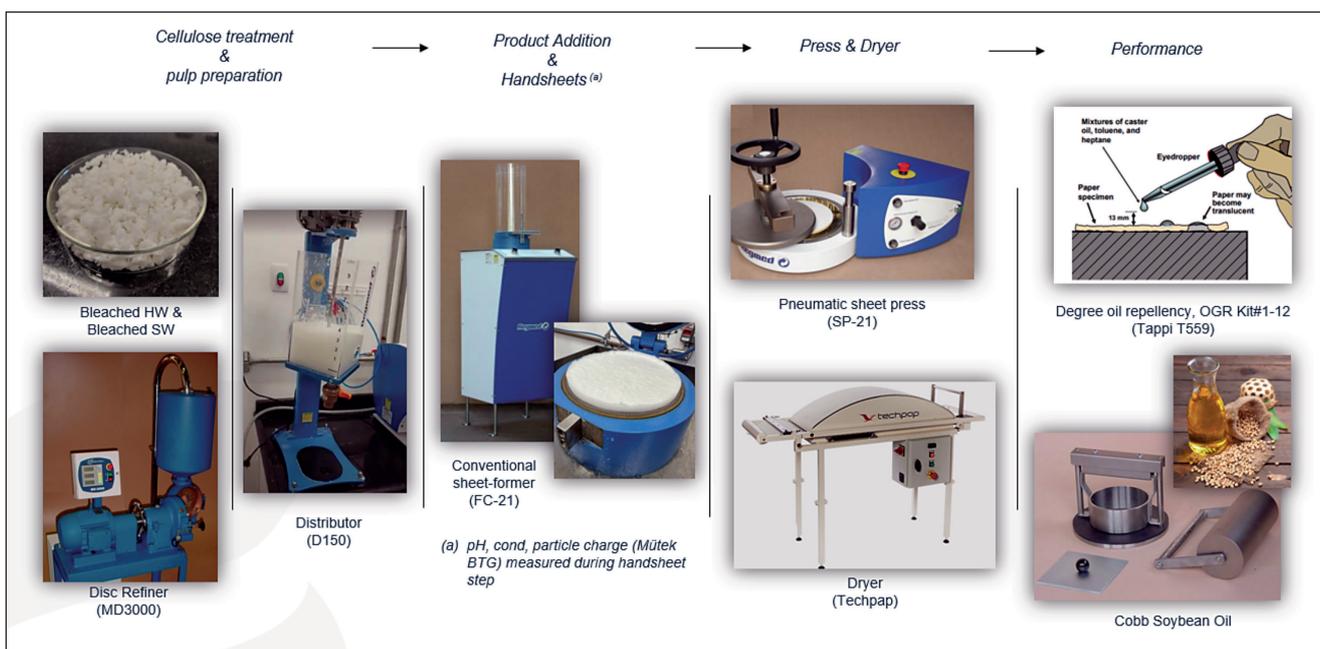


Figura 3. Os sete métodos para cálculo do "Valuation".

Fonte: Assaf (2012); Copeland (2007); Damodaran (2007)

Tabela 2. Dados estudo experimental utilizando tecnologia livre de PFAS

Id Amostra	°SR (a)	g/m ² g/cm ³ (b)	% (c)	OGR Kit oil #1-12	Cobb óleo de soja 120 sec, g/m ²	Avaliação da aparência da folha no lado do verso Ausência/Presença de defeitos de óleo
Branco	29	603; 0,603	-	1	504	Presença, agressivo
Branco	37	598; 0,597	-	1	269	Presença, agressivo
Tecnologia Solenis	29	620; 0,606 612; 0,571	6% 12%	5 5	77 191	Presença, somente 2 defeitos Ausência, 0 defeitos
Tecnologia Solenis	37	613; 0,573 606; 0,559	6% 10%	5 5	104 49	Ausência, 0 defeitos Ausência, 0 defeitos

a) 80:20, BHWK:BSWK b) Densidade aparente c) Base úmida

com o branco, as folhas que receberam adição de tecnologia Solenis apresentou melhores desempenhos.

Para aprofundar quais seriam os impactos reais ao submeter o artigo a óleo, ou seja, uma aplicação real, o de soja foi escolhido nesse estudo por ser o mais utilizado nos domicílios brasileiros. No laboratório as dosagens são superestimadas por conta da fixação e retenção do produto, tipo de método utilizado para a formação do papel sendo necessário um ajuste se levado para teste em máquinas de polpa moldada.

Avaliando o resultado da resposta em função da refinação, esse estudo demonstra que a utilização de refinação mais elevada, em comparação aos utilizados para a fabricação de papel plano, incrementam o desempenho da resistência ao óleo, conforme observado no resultado do Cobb óleo. Ao utilizar a refinação °SR 37 obteve um aumento de desempenho de 46%, confirmando que o aumento da refinação melhora o desempenho sugerindo ser uma estratégia para a aplicação industrial. A refinação aumenta a área superficial diminuindo os canais preferenciais e os espaços vazios, proveniente da interligação entre fibras impedindo a absorção agressiva observada na amostra °SR29.

As respostas em função da aplicação da tecnologia foram promissoras, apresentando desempenho acima de 80% para a resistência ao óleo de soja, conforme observa-se nos dados da aplicação com °SR39, onde o resultado do Branco diminuiu a absorção de 200 g/m² para 49 g/m².

O desempenho mais importante e relevante para essas aplicações em artigos de polpa moldada para aplicação de uso único, são relacionados as avarias ou defeitos que o óleo e gordura podem gerar no artigo após exposição ao alimento e uma avaliação da aparência da folha foi realizada após a análise de Cobb óleo, na face onde o óleo foi adicionado e também na face do verso. Observa-se manchas ou defeitos visíveis no Branco, porém diminuição significativa nas folhas onde a aplicação foi feita com Tecnologia Solenis. No lado do verso observado que o óleo ultrapassa o artigo para a folha onde não foram realizadas aplicações, de forma muito agressiva, em contrapartida os defeitos diminuem nas aplicações com Solução Solenis, sendo bloqueados e eliminados no verso conforme observado na aplicação °SR39, adição de 10% conforme demonstrados na Figura 4.

2. Case de Avaliação industrial

Um *case* real realizado em campo é apresentado nesse trabalho a fim de conhecimento.

Aplicação em máquina de polpa moldada industrial foi realizada utilizando a tecnologia Solenis para elaboração de artigos, tipo bandeja.

Os artigos foram submetidos a óleo de canola padronizando o contato por 60 min, utilizando diferentes temperaturas. Realizado a remoção do óleo e avaliado os defeitos da penetração do óleo quente no artigo em função do

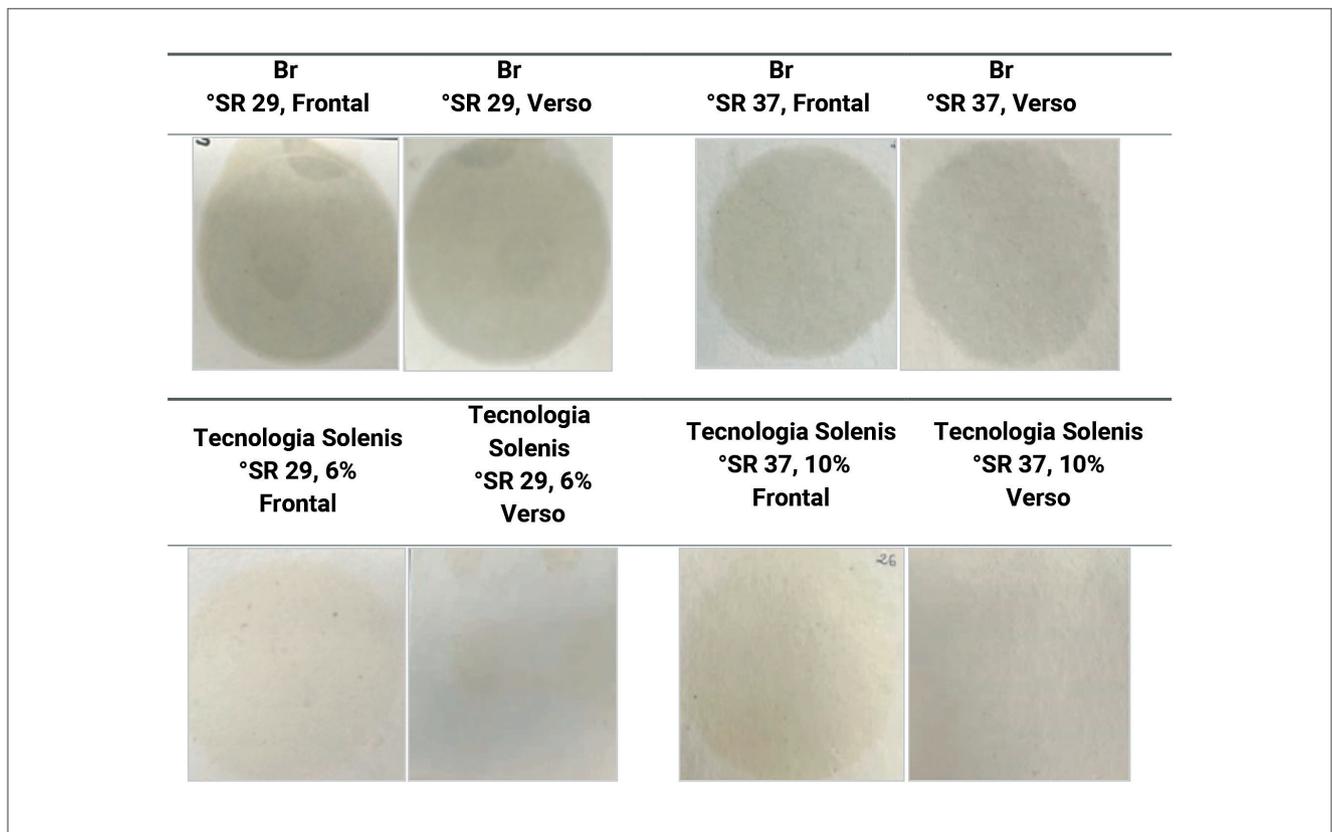


Figura 4. Resultados da aparência após o ensaio de Cobb óleo de soja para avaliação de defeitos visíveis na face e no verso da folha

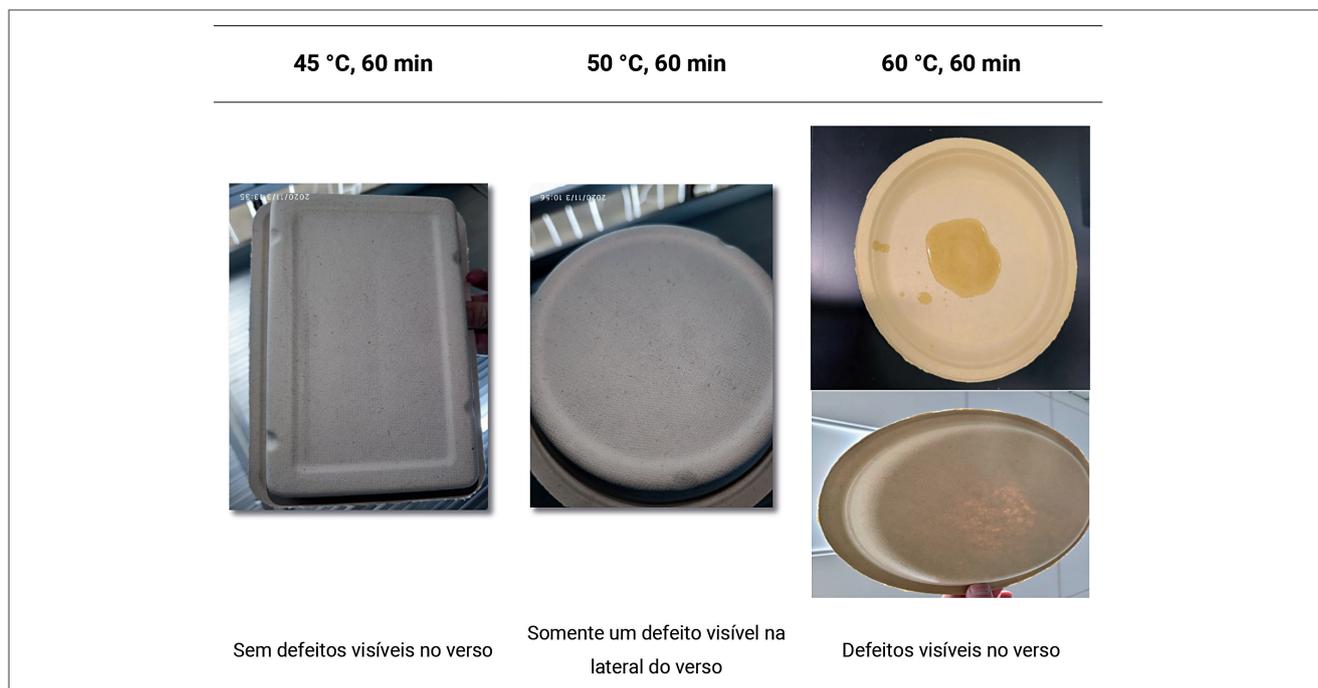


Figura 5. Avaliação da aparência do verso de diferentes artigos produzidos em máquinas termoformadoras utilizando bagaço como fonte de celulose em função de diferentes temperaturas, durante 60 min em contato com óleo de canola quente – simulação de fastfood

tempo. Imagens foram realizadas para registro do estudo. Os resultados são apresentados na Figura 5 acima.

É possível verificar, que dependendo do tempo o artigo resiste ao óleo quente impedindo a penetração, esse estudo apresenta que para a receita fibrosa escolhida e condições específicas do teste (confidenciais) até 45 min é possível resistir a alimentos ricos em gorduras/óleos sendo considerado um *case* importante para a consolidação dessas aplicações.

CONCLUSÕES

É possível concluir após esse trabalho que uma tecnologia livre de PFAS é possível para aplicação em artigos de polpa moldada, sendo essa a Tecnologia Solenis, sendo livre de adição de conteúdos intencionais de flúor-químicos.

Aplicações em equipamentos pilotos e mais testes industriais demonstraram a possibilidade de garantir barreira à gordura por um tempo considerado bom para aplicações tipo *uso único* garantindo que não haverá avaria ou até mesmo desintegração do artigo até o total consumo do alimento.

Lembrando que essa tecnologia permite que o artigo ou a embalagem de contato com alimento de uso único, seja descartável, compostável e biodegradáveis em terra, rio e oceanos, diminuindo os impactos gerados ao meio ambiente em comparação as embalagens plásticas.

AGRADECIMENTOS

A Solenis Especialidades Químicas, Solenis Paulínia Technical Center. ■

REFERÊNCIAS

- ABNT. ABNT NBR 14031:2004, Pasta celulósica – Determinação da resistência à drenagem pelo aparelho Schopper-Riegler. [S.l.]: [s.n.], 2004.
- ABNT. ABNT NBR ISO 5263-1:2005, Pastas celulósicas — Desagregação a úmido em laboratório Parte 1: Desagregação de pastas celulósicas químicas. In: _____. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. [S.l.]: [s.n.], 2005.
- ABNT. ABNT NBR ISO 5269-1, Pastas celulósicas — Preparação de folhas em laboratório para ensaios físicos Parte 1: Método do formador de folhas convencional. [S.l.]: [s.n.], 2006.
- INVESTSP. Agência paulista de promoção de investimentos e competitividade, News, 2023. Disponível em: <<https://www.investe.sp.gov.br/noticia/brasil-e-o-maior-exportador-de-celulose-do-mundo/#:~:text=Em%202021%2C%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20brasileira,segundo%20maior%20produtor%20no%20mundo&text=De%20acordo%20com%20o%20Relat%C3%B3rio,atr%C3%A1s%20apenas%20do>>. Acesso em: jul. 2024.
- MOLDED Pulp Packaging Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034. *Precedence Research*, 2024. Disponível em: <<https://www.precedenceresearch.com/molded-pulp-packaging-market>>. Acesso em: 30 July 2024.
- SEMPLE, K. E. *et al.* Moulded pulp fibers for disposable food packaging: A state-of-the-art review. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 33, 2022.
- TAPPI. T 559 pm-96 Grease resistance test for paper and paperboard. [S.l.]: [s.n.], 1996.
- TAPPI. TAPPI/ANSI T 441 om-13. [S.l.]: [s.n.], 2013.
- TYAGI, P. *et al.* Advances in barrier coatings and film technologies for achieving sustainable packaging of food products – A review. *Trends in Food Science & Technology*, p. 461-485, 2021.