

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CERA DE ABELHA E TWEEN 80 NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DE FILMES À BASE DE ÁGAR.

Luan Jefferson de Souza Carvalho¹, Ricardo Henrique de Lima Leite²

Resumo: O uso de materiais alternativos para substituir os plásticos convencionais vem crescendo devido às consequências ambientais do acúmulo de detritos plásticos nos ecossistemas. O ágar vem sendo um biopolímero preconizado para produzir bioplásticos. Como o filme de ágar puro apresenta algumas propriedades inconvenientes, ele possui limitações em seus usos. Para superar isso, precisamos unir o ágar a outras substâncias como outros biopolímeros, plastificantes, nanopartículas, agentes antimicrobianos e materiais hidrofóbicos. Ceras são materiais frequentemente adicionados a biopolímeros hidrofílicos para aumentar sua hidrofobicidade. Porém, a incompatibilidade dificulta a união de materiais hidrofílicos a hidrofóbicos e a adição de surfactantes – como o tween 80 – pode ser necessária para facilitar a mistura. No entanto, aditivos como ceras e surfactantes podem alterar as propriedades ópticas dos filmes de biopolímeros. Neste estudo foi feito o preparo de filmes mistos de ágar, glicerol, cera de abelha e tween 80 com diferentes teores de cera e tween 80, em seguida foi realizada a determinação da espessura, parâmetros de cor – L, a* e b*, variação total de cor e opacidade dos mesmos. Utilizou-se um planejamento central composto e através de uma análise de regressão foi determinado como a adição de cera de abelha e o tween 80 em diferentes concentrações afeta as propriedades ópticas dos filmes, indicando que o aumento dos teores de cera e de tween levam a filmes mais amarelados e opacos.

Palavras-chave: Ágar-Ágar. Biopolímeros. Hidrocoloides.

1. INTRODUÇÃO

Devido a sua longevidade e resistência à degradação, os plásticos se acumulam e se fragmentam, causando danos graves ao meio ambiente. Como a grande maioria dos monômeros usados para fazer plásticos são derivados de fontes não renováveis, como o petróleo, e poucos dentre os plásticos comumente usados são biodegradáveis, a contaminação quase permanente do ambiente natural com detritos de plástico tem se tornado uma preocupação crescente [1]. Dentre os potenciais prejuízos que os detritos plásticos podem causar está a contaminação de habitats terrestres e marinhos [1,2]. Foi identificado que eles transportam poluentes orgânicos persistentes (POPs), espécies não-nativas para novos locais e distribuem algas associadas às marés vermelhas [2]. Por conta disso, surgiu a necessidade do uso de materiais alternativos que fossem biodegradáveis e de fontes renováveis, para substituir os plásticos convencionais, com isso os chamados bioplásticos se apresentam como uma alternativa potencialmente vantajosa aos plásticos convencionais.

Os bioplásticos são plásticos de fonte biológica (*biobased*), biodegradáveis ou ambos, que têm propriedades iguais ou semelhantes aos plásticos convencionais, mas oferecem benefícios adicionais, como redução da pegada de carbono, melhores funcionalidades ou opções adicionais de gerenciamento de resíduos, como a reciclagem orgânica [3]. Dentre as matérias-primas que podem ser utilizadas para obter bioplásticos temos o ágar-ágar (ou ágar, simplesmente), que é um polissacarídeo extraído de espécies de algas marinhas. O ágar vem sendo proposto por alguns autores [3-7] como um biopolímero capaz de produzir bioplásticos [3-7] e com grande potencial para substituir as tradicionais embalagens plásticas oriundas do petróleo [5].

O ágar-ágar é um polissacarídeo hidrofílico, quimicamente inerte e não tóxico extraído das famílias Gelidiaceae e Gracilariaceae de algas marinhas e composto principalmente de unidades repetidas alternadas de d-galactose e 3,6-anidro-β-galactopirranose [8]. A Figura 1 mostra as estruturas químicas de unidades de repetição do ágar. Os ágares possuem diversas aplicações, dentre elas, como ficocolóides em alimentos, indústrias farmacêuticas, cosméticas, médicas e de biotecnologia [4,6,9]. A produção global de ágar passou de 6.800 toneladas (US\$ 82,2 milhões) em 2002 para 9.600 toneladas (US\$ 173 milhões) em 2009, com as algas *Gracilaria* (80%) e *Gelidium* (20%) sendo as maiores fontes industriais de ágar industrial [4,6,10].

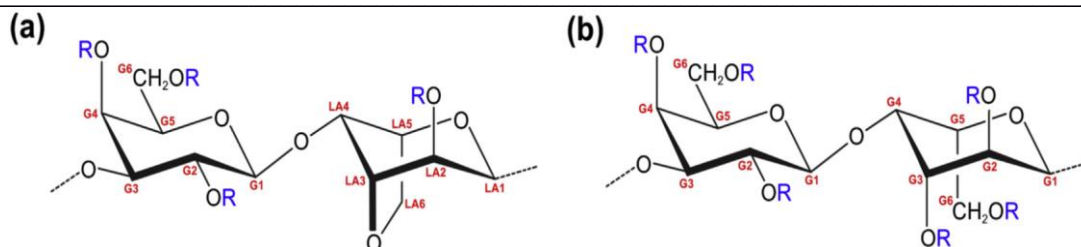


Figura 1. Estruturas químicas de unidades de repetição de ágar. (a) estrutura de agarose que consiste em alternar β -1,3-ligado a d-galactose e α -1,4-ligado a 3,6-anidro-l-galactose, (b) unidades de repetição de dissacarídeos de β -1,3-ligado a d-galactose e α -1,4-ligado a l-galactose a -1,4. G e LA referem-se a unidades de galactose e 3,6-anidrogallactose, respectivamente. R pode ser H ou substituintes de cadeia lateral, como éster de sulfato, éter metoxil ou ácido pirúvico. [6]

Em comparação com materiais de embalagem à base de plástico convencional, o filme de ágar puro é relativamente quebradiço, tem baixa elasticidade, baixa estabilidade térmica, alta sensibilidade à água e alta permeabilidade ao vapor d'água (PVA) [4]. Todas essas desvantagens limitam a aplicação de filmes de ágar puro [4,11,12]. Para superar essas limitações, uma das técnicas mais comuns é a combinação do ágar com outras substâncias, como biopolímeros, plastificantes, nanopartículas, agentes antimicrobianos e materiais hidrofóbicos [4], como as ceras. Nesse contexto, a cera de abelha vem sendo utilizada [4,7,13,14] na composição de filmes bioplásticos, porém, a incorporação de um material hidrofóbico a um material hidrofílico é dificultada por sua incompatibilidade. Tal incorporação pode ser melhorada pela adição de surfactantes. O tween-80, como surfactante e emulsificante não iônico de baixo custo e ecologicamente correto, é comumente utilizado nas indústrias alimentícia e cosmética [15-18], entretanto, quando a cera e/ou o surfactante são adicionados aos biopolímeros contendo material hidrofóbico, eles podem alterar as propriedades ópticas do material final [7,13,19,20].

As propriedades ópticas são importantes devido ao impacto na escolha dos consumidores em relação aos produtos que são revestidos com esses bioplásticos [7,9,11,14], uma vez que o consumidor deseja ver o produto que está comprando. A adição desses compostos pode, por exemplo, aumentar a opacidade dos mesmos, alterar a cor ou tornar os filmes mais transparentes [7,13,19,20]. Nessa perspectiva, o presente estudo buscou determinar a influência das adições de cera de abelha e de tween 80, em diferentes concentrações, nas propriedades ópticas de filmes de ágar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Os materiais usados nesse estudo foram os seguintes: ágar-ágar (granulometria: Mesh 80, ponto de gelificação: 32-39°C, ponto de fusão: 85-95°C, Agargel Indústria e Comércio Ltda. – Brasil), água destilada, glicerol (Dosagem: mín. 99,5%, Cor (APHA): máx. 10, Vetec Química Fina Ltda. – Brasil), tween 80 (número de hidroxilas: 65-80, densidade (d 20°C/4°C): 1060-1090, Vetec Química Fina Ltda. – Brasil), a cera de abelha foi fornecida por apicultores locais da cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte – Brasil.

2.2. Preparo dos filmes

Os cálculos foram previamente realizados para se obter uma mistura filmogênica com 3% de matéria seca - ágar, glicerol, cera de abelha e tween 80 - onde o tensoativo não-iônico (tween 80) foi utilizado para facilitar a homogeneização da matriz biopolimérica com a cera de abelha. As concentrações de cera de abelha e do tween 80 nas misturas filmogênicas foram estabelecidas seguindo o planejamento experimental apresentado na seção 2.4. A concentração do plastificante (glicerol) foi fixada em 10% do teor de matéria seca

Para a solução contendo água-ágar-glicerol, misturou-se primeiro a água e o glicerol em um béquer, essa mistura foi transferida para um béquer contendo o ágar-ágar já pesado previamente na balança analítica (Shimadzu AY-220, Marte – Brasil) e depois foi colocada uma barra magnética.

Foi utilizado o método de *casting* para produzir os filmes, esse método consiste em preparar uma mistura filmogênica, despejá-la em uma placa (de Petri ou acrílico) e secá-la em uma estufa. O béquer com a mistura água-ágar-glicerol foi colocado diretamente sobre um agitador magnético com aquecimento (Lucadema – Brasil) até atingir 95°C, ficando em agitação por 15 minutos. No segundo béquer, contendo a mistura cera de abelha-tween 80 previamente pesada, o béquer foi colocado em um banho de areia sobre outro agitador magnético com aquecimento, momentos antes do primeiro béquer - contendo a mistura água-ágar-glicerol - atingir os 15 minutos. Ao atingir 15 minutos de aquecimento, a primeira mistura é adicionada aos poucos a essa segunda mistura, a 75°C, permanece em agitação por mais 15 minutos. Ao término dos 15 minutos, a mistura foi retirada e depositada em uma placa de acrílico (15 cm $\times$ 15 cm), onde ficou descansando por 16 horas à temperatura ambiente. Os filmes

foram levados a uma estufa (TE-394/2, Tecnal – Brasil), a 45°C até completar o processo de secagem.

2.3. Caracterização dos filmes

2.3.1. Cor

A cor dos filmes foi medida por um colorímetro portátil (CR-10, Konica Minolta Sensing, Inc. – Japão) onde L^* representa a luminosidade, a^* representa a coordenada vermelho/verde (positivo é vermelho, negativo é verde) e b^* representa a coordenada amarelo/azul (positivo é amarelo, negativo é azul). As leituras dos parâmetros de cor foram realizadas sobre um fundo padrão branco. Foram realizadas cinco medidas em cada filme e calculada a média dessas medidas. A variação total da cor (ΔE) do filme foi calculada da seguinte maneira:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Onde ΔL^* , Δa^* e Δb^* representam a diferença entre o padrão branco e o filme. O valor do padrão branco foi $L^* = 81,56$, $a^* = 7,48$ e $b^* = 7,94$.

2.3.2. Opacidade

Foram cortadas três tiras (1 cm × 4 cm) de cada filme e colocadas no espectrofotômetro UV/Visível (UV-340G, Gehaka – Brasil). Logo após, foi realizado um escaneamento da absorbância na faixa de 200 - 750 nm, utilizando o ar como branco. A opacidade (mm^{-1}) das amostras dos filmes foi calculada de acordo com a Equação 2:

$$\text{Opacidade} = \frac{A_{600}}{\varepsilon} \quad (2)$$

Onde, A_{600} é o valor da absorbância a 600 nm e ε é o valor da espessura das amostras do filme (mm).

2.3.3. Espessura

A espessura das três amostras de cada um dos filmes foi medida usando um micrômetro digital (APB-2D, Mitutoyo Corporation – Japão) em 15 posições diferentes e foi calculada a média desses valores.

2.4. Análise estatística

O estabelecimento das composições dos filmes para o presente estudo foi realizado segundo um planejamento central composto com dois fatores ($X_1 = \% \text{ cera de abelha}$ e $X_2 = \% \text{ tween 80}$) e as propriedades ópticas dos filmes como variáveis de resposta (Y_i). Os ensaios consistiram de quatro pontos fatoriais, quatro pontos axiais (em estrela) e três repetições no ponto central, compreendendo assim um total de onze pontos experimentais. As repetições no ponto central serviram à estimação da variância e foi assumida a hipótese de homoscedasticidade em toda a faixa experimental. A Figura 2 mostra uma representação do planejamento experimental utilizado no estudo da influência da adição de diferentes concentrações de cera de abelha e tween80 nas propriedades ópticas de filmes de ágar. Os resultados experimentais para a solubilidade dos filmes de ágar produzidos foram ajustados a um modelo empírico polinomial quadrático do tipo: $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2$, onde b_0 é o intercepto, b_1 e b_2 são os coeficientes lineares, b_{11} e b_{22} os coeficientes quadráticos e b_{12} o coeficiente de interação entre os fatores. O modelo ajustado foi utilizado na obtenção de uma superfície de resposta representativa da variação da propriedade óptica dos filmes de ágar em função das concentrações de cera de abelha e tween 80 empregadas na preparação das misturas filmogênicas, porém apenas para variáveis que apresentaram um modelo de regressão significativo, neste caso a opacidade dos filmes. A análise de regressão e as superfícies de resposta foram realizadas com auxílio do programa Statística 13.2 (TIBCO Inc., USA).

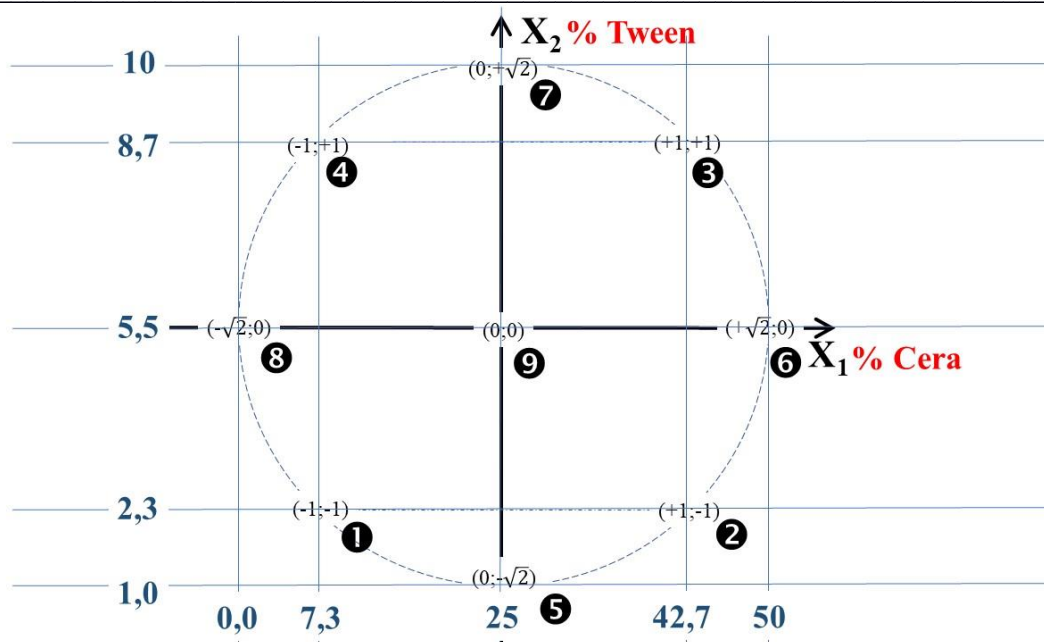


Figura 2. Planejamento composto central indicando as concentrações usadas em cada filme. (Autoria Própria)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Propriedades ópticas

3.1.1. Parâmetros de cor e espessura

A Tabela 1 mostra as composições em relação aos percentuais de cera e tween 80 e os valores das coordenadas de cor (a^* , b^* e L^*), da espessura, da variação total de cor (ΔE) e da opacidade dos filmes obtidos experimentalmente durante o estudo.

Tabela 1. Parâmetros de cor, espessura, variação total de cor e opacidade dos filmes à base de ágar com tween 80, cera de abelha e glicerol.

Nº	X ₁ % Cera	X ₂ % Tween	a	b	L	Espessura (μm)	ΔE	Opacidade (mm^{-1})
1	7,30	2,3	$7,5 \pm 0,05$	$12,9 \pm 0,10$	$79,7 \pm 0,15$	$36,9 \pm 6,02$	$5,3 \pm 0,13$	$4,4 \pm 0,12$
2	42,7	2,3	$7,5 \pm 0,00$	$14,1 \pm 0,20$	$79,3 \pm 0,09$	$61,3 \pm 7,19$	$6,6 \pm 0,22$	$9,4 \pm 0,58$
3	42,7	8,7	$7,6 \pm 0,10$	$16,6 \pm 1,29$	$78,7 \pm 0,54$	$67,4 \pm 8,23$	$9,2 \pm 1,39$	$12,2 \pm 0,96$
4	7,30	8,7	$7,7 \pm 0,05$	$15,4 \pm 0,34$	$78,9 \pm 0,23$	$51,6 \pm 2,50$	$8,0 \pm 0,39$	$2,4 \pm 0,52$
5	25,0	1,0	$7,4 \pm 0,37$	$15,7 \pm 0,45$	$78,8 \pm 0,29$	$92,6 \pm 2,07$	$8,3 \pm 0,49$	$5,5 \pm 0,29$
6	50,0	5,5	$7,1 \pm 0,04$	$17,8 \pm 0,36$	$78,7 \pm 0,11$	$73,6 \pm 13,18$	$10,3 \pm 0,38$	$9,8 \pm 1,16$
7	25,0	10	$7,4 \pm 0,09$	$15,8 \pm 0,18$	$79,0 \pm 0,23$	$50,8 \pm 11,45$	$8,3 \pm 0,16$	$10,8 \pm 1,73$
8	0,00	5,5	$7,3 \pm 0,05$	$11,9 \pm 0,22$	$80,2 \pm 0,11$	$40,0 \pm 1,87$	$4,2 \pm 0,20$	$1,4 \pm 0,09$
9.1	25,0	5,5	$7,2 \pm 0,09$	$14,7 \pm 0,35$	$78,8 \pm 0,23$	$70,3 \pm 0,42$	$7,4 \pm 0,41$	$5,7 \pm 0,49$
9.2	25,0	5,5	$7,5 \pm 0,11$	$18,1 \pm 0,42$	$77,8 \pm 0,45$	$57,8 \pm 3,40$	$10,9 \pm 0,52$	$10,3 \pm 0,45$
9.3	25,0	5,5	$7,2 \pm 0,04$	$15,7 \pm 1,09$	$79,0 \pm 0,44$	$107,2 \pm 8,00$	$8,2 \pm 1,17$	$6,2 \pm 0,13$
Controle	0,0	0,0	$7,2 \pm 0,23$	$10,6 \pm 0,11$	$80,1 \pm 0,11$	$61,8 \pm 3,07$	$3,1 \pm 0,10$	$1,0 \pm 0,12$
Padrão branco	-	-	$7,5 \pm 0,04$	$7,9 \pm 0,09$	$81,6 \pm 0,05$	-	-	-
Padrão preto	-	-	$2,1 \pm 0,11$	$11,2 \pm 0,09$	$19,4 \pm 0,15$	-	-	-

Nota: O conjunto de dados é apresentado como média $\pm$ desvio padrão.

O a^* , parâmetro que representa a coordenada vermelho (positivo)/verde (negativo), variou de +7,1 a +7,7, ou seja, não houve uma grande variação significativa neste eixo, a variação de cor de a^* quase não se alterou em comparação com o controle. No b^* , que representa a coordenada amarelo (positivo)/azul (negativo), ocorreu a

maior variação de valor – 10,6 a 18,1 – em relação ao controle, pela Tabela 1 percebemos que os filmes com menores quantidades de cera tem um valor de b^* mais baixo e os com maiores quantidades de cera, tem o valor de b^* mais alto, isso significa que a quantidade de cera influencia diretamente o filme ficar mais amarelado ou não. O L^* , que representa a luminosidade, teve uma pequena variação – 77,8 a 80,2 – o que indica uma baixa interferência da cera neste parâmetro de cor. Também a variação total de cor ΔE sofreu pequenas alterações – entre 4,2 e 10,9. Comportamentos similares em L e ΔE foram observados em estudos de filmes de ágar incorporados com natamicina [9] e carboximetilcelulose [21].

A espessura dos filmes variou de 36,9 a 107,2 μm , essa variação é decorrente de fatores experimentais como eventuais desnivelamento das superfícies utilizadas para sustentação dos moldes, mas também de variações na densidade dos filmes em função da composição variável dos mesmos.

3.1.2. Opacidade

A Figura 3 mostra o espectro de absorção UV/Vis numa faixa de comprimento de onda de 200 a 750 nm, para os filmes 5 (25% CA / 1% T), 6 (50% CA / 5,5% T), 7 (25% CA / 10% T), 8 (0% CA / 5,5% T) e controle (0% CA / 0% T). CA e T referem-se a cera de abelha e tween 80, respectivamente.

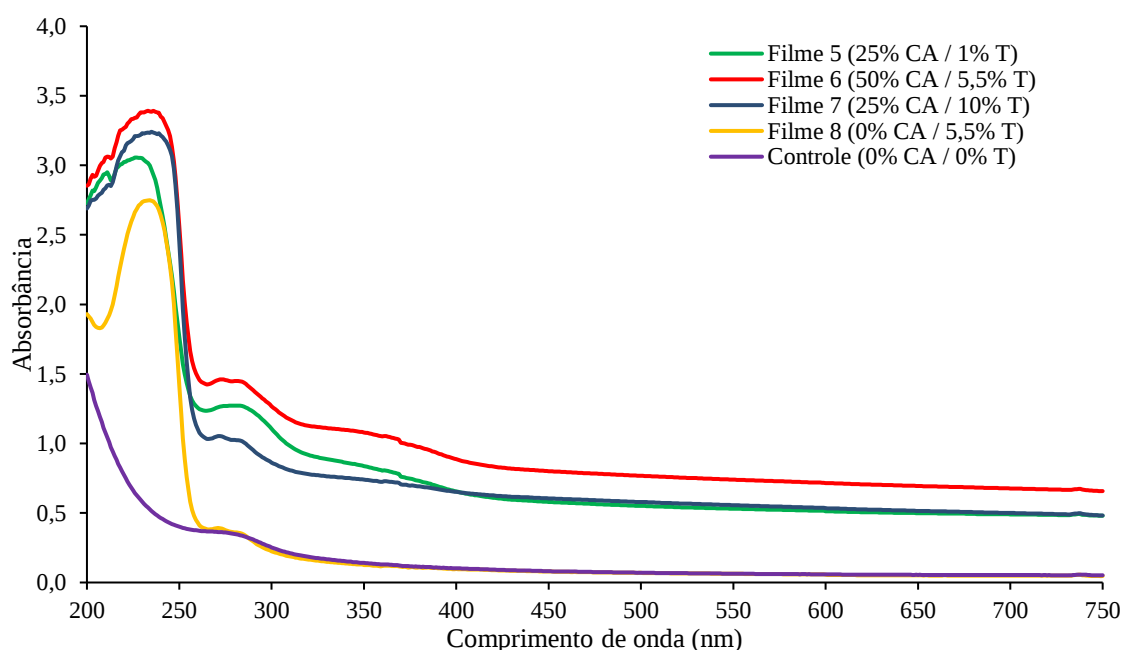


Figura 3. Espectro de absorção dos filmes à base de ágar com tween 80, glicerol e cera de abelha. (Autoria própria).

Analisando-se os espectros mostrados na Figura 3 percebe-se que existem bandas de absorção na região do ultravioleta. As bandas de absorção representam a absorção da luz pelas moléculas que estão presentes nos filmes.

A Figura 4 mostra fotos dos filmes distribuídas de acordo com o planejamento central composto. Para uma melhor ilustração de como eles se comportam as fotos foram realizadas sobre padrões brancos e pretos. Percebe-se que o principal fator que afeta a opacidade dos filmes é a concentração de cera de abelha, já que a Figura 3 mostrou que quanto maior a quantidade de cera de abelha, mais opaco é o filme – com confirmação visual através da Figura 4.

A Figura 5 apresenta um gráfico com a superfície de resposta para a opacidade dos filmes como função das concentrações de cera de abelha e tween 80. Quanto à banda situada na região de 265 nm a 295 nm, todos os filmes possuem a existência dessa banda e percebemos que provavelmente tal banda é proveniente do ágar ou do glicerol. Foi visto também que com os valores mínimo e máximo de tween, o valor da absorbância da primeira banda é maior no filme 7 (25% CA / 10% T) do que no 5 (25% CA / 1% T), já na segunda banda, a absorbância do filme 5 é maior do que no filme 7.

Em 600nm, comprimento de onda utilizado para a determinação da opacidade dos filmes, vemos que apesar da variação entre os valores de mínimo e máximo de concentração de tween empregados neste estudo (1 a 10%), o percentual de tween praticamente não altera o espalhamento de luz. e visualmente, isso foi demonstrado na Figura 4, já que o resultado visual dos filmes havia sido quase o mesmo.

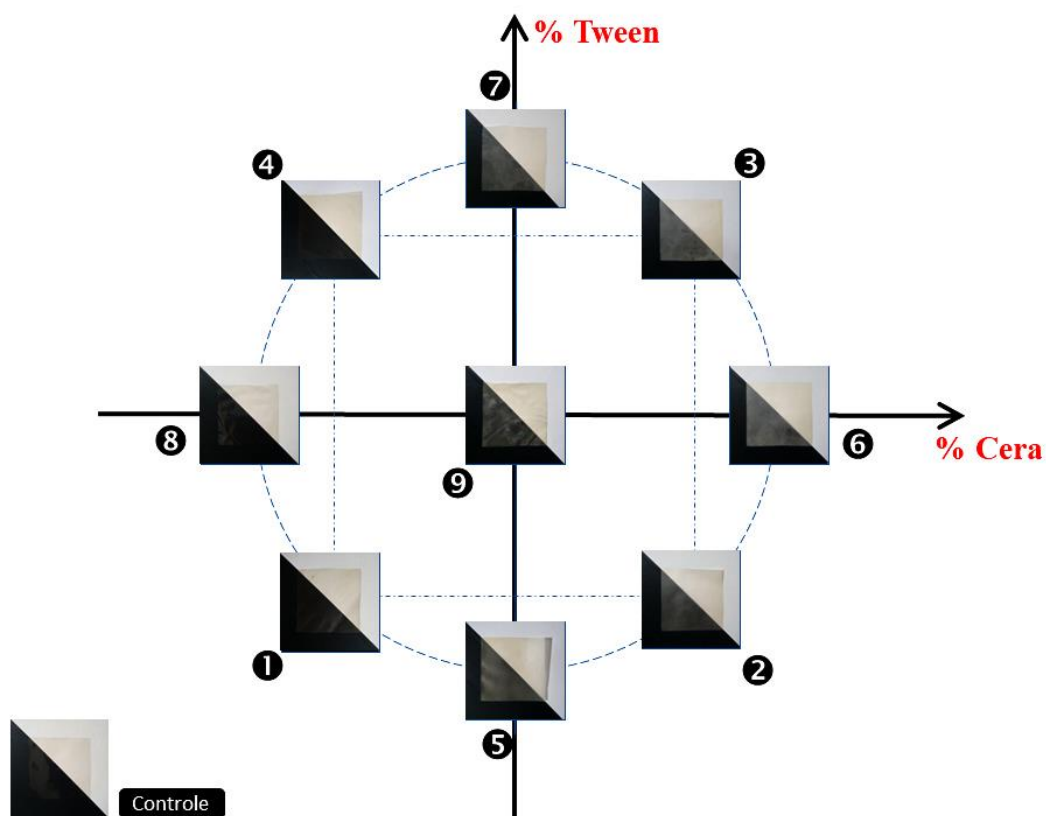


Figura 4. Representação do planejamento composto central com fotos dos filmes nos padrões preto e branco. (Autoria própria).

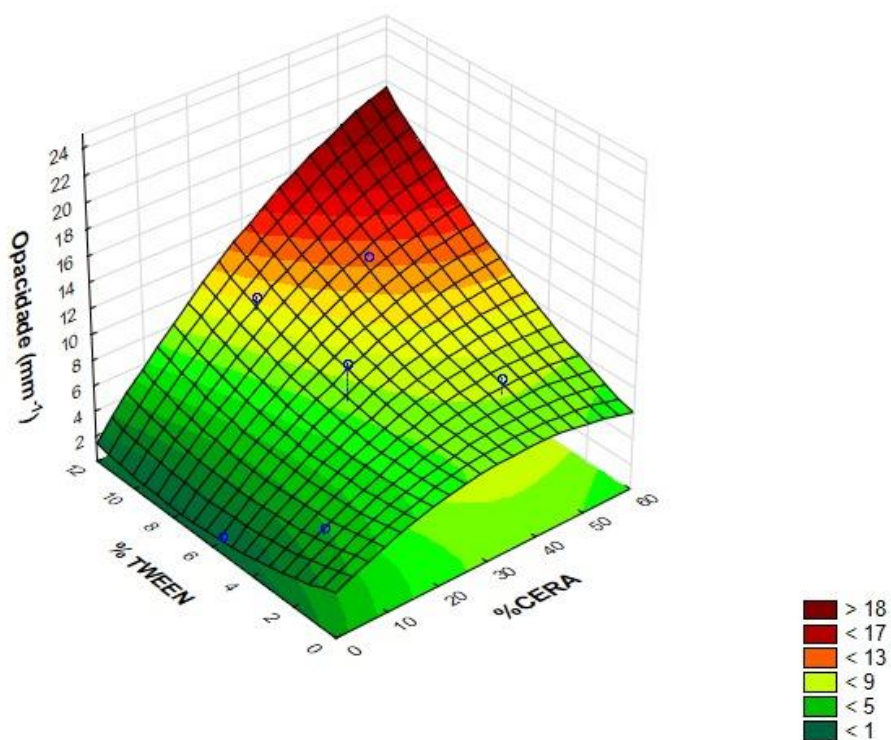


Figura 5. Gráfico de superfície mostrando o efeito das concentrações de cera de abelha e tween 80 na opacidade dos filmes à base de ágar. (Autoria própria)

A Figura 5 mostra que a opacidade é potencializada tanto pelo aumento da concentração de cera quando também se aumenta a concentração de tween.

4. CONCLUSÕES

Os filmes à base de ágar com glicerol, cera de abelha e tween 80 foram desenvolvidos com sucesso de acordo com o planejamento composto central proposto. Vimos que a adição de cera e de tween 80 influencia diretamente no aumento da cor amarela dos filmes. A luminosidade tem uma variação baixa devido a adição da cera e do surfactante. Teve-se também a confirmação que a opacidade sofre influência direta da cera e do tween, porque quanto mais de ambos materiais é adicionado ao filme, mais opaco ele se torna. Pode-se concluir que a utilização de um tensoativo que não afete a cor dos filmes pode ser necessária. A adição de cera de abelha aos filmes de ágar pode comprometer sua utilização em embalagens onde se deseja que os produtos embalados fiquem visíveis ao consumidor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Products, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, Washington, v. 3, n. 7, p. 1-5, jul., 2017.
- [2] BARNES, D. K. A. et al., Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 364, p. 1985–1998, 2009.
- [3] DORA, T.R.K.; GHOSH, S.; DAMODAR, R. Synthesis and evaluation of physical properties of Agar biopolymer film coating - an alternative for food packaging industry. **Materials Research Express**, 7 e095307, 2020.
- [4] MOSTAFAVI, F.S.; ZAEIM, D. Agar-based edible films for food packaging applications - A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 159, p. 1165–1176, 2020.
- [5] BARANWAL, J. et al., Biopolymer: A Sustainable Material for Food and Medical Applications. **Polymers**, 14, p. 983, 2022.
- [6] LEE, W-K. et al., Biosynthesis of agar in red seaweeds: A review, **Carbohydrate Polymers**, v. 164, p. 23-30, 2017.
- [7] ZHANG, R. et al., Preparation and evaluation of agar/maltodextrin-beeswax emulsion films with various hydrophilic-lipophilic balance emulsifiers, **Food Chemistry**, v. 384, 2022.
- [8] DAVIDOVIĆ, S. et al., Antibacterial ability of immobilized silver nanoparticles in agar-agar films co-doped with magnesium ions, **Carbohydrate Polymers**, v. 224, 2019.
- [9] WANG, X. H. et al., Preparation and characterization of natamycin-incorporated agar film and its application on preservation of strawberries, **Food Packaging and Shelf Life**, v. 32, 2022.
- [10] BIXLER, H. J.; PORSE, H., A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, p. 321–335, 2011.
- [11] NIETO, M.B., Structure and function of polysaccharide gum-based edible films and coatings, **Edible Films and Coatings for Food Applications**, p. 57–112, 2009.
- [12] JANG, S.A.; LIM, G.O.; SONG K.B., Use of nano-clay (Cloisite Na⁺) improves tensile strength and vapour permeability in agar rich red algae (*Gelidium corneum*) – gelatin composite films, **International Journal of Food Science & Technology** v. 45 (9), p. 1883–1888, 2010.
- [13] PÉREZ-VERGARA, L. D. et al., Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis, **NFS Journal**, v. 21, p. 39-49, 2020.
- [14] OLIVEIRA, V.R.L. et al., Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**, v. 259, p. 55-64, 2018.
- [15] ZHANG, F. et al., Effects of Tween 80 on clathrate and semiclathrate CO₂ hydrates formation kinetics for carbon capture from rich-CO₂ gas mixtures, **Carbon Capture Science & Technology**, 2022.

-
- [16] PRAH, B.; YUN, R., CO₂ hydrate slurry for transportation in carbon capture and storage. **Journal of Mechanical Science and Technology**. v. 128, p. 653-661, 2018.
- [17] LIEU, M. D.; DANG, T. K. T., Improvement of shelf-life of mangoes by chitosan coating enriched with cinnamon oil dissolved in Tween 80 combined with ethanol, **Food Bioscience**, v. 44, Part B, 2021.
- [18] ZHANG, X. et al., Fabrication of vitamin D3 nanoemulsions stabilized by Tween 80 and Span 80 as a composite surface-active surfactant: Characterization and stability, **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 645, 2022.
- [19] HASHIM, S. B. H. et al., Intelligent colorimetric pH sensing packaging films based on sugarcane wax/agar integrated with butterfly pea flower extract for optical tracking of shrimp freshness, **Food Chemistry**, v. 373, Part B, 2022.
- [20] GOMES DE MENEZES, F. L. et al., TiO₂-enhanced chitosan/cassava starch biofilms for sustainable food packaging. **Colloids And Surfaces A - Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 630, p. 127661, 2021.
- [21] ABDOLLAHI, M. et al., Carboxymethyl cellulose-agar biocomposite film activated with summer savory essential oil as an antimicrobial agent, **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 126, p. 561-568, 2019.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às nove horas do dia dezoito de junho de dois mil e vinte e dois, via plataforma Google Meet (meet.google.com/tzh-bbyg-zme) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, reuniu-se de forma remota a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do discente Luan Jefferson de Souza Carvalho, do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula 2019010033, com o título **"INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CERA DE ABELHA E TWEEN 80 NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DE FILMES À BASE DE ÁGAR"**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. Dr. Ricardo Henrique de Lima Leite, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Químico Ronison Inocência Nunes e Químico Ronnio Liniker da Silva e Souza, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, tendo o discente sido considerado **APROVADO** e para constar, eu, Ricardo Henrique de Lima Leite, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 21 de junho de 2022.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. Ricardo Henrique de Lima Leite – CE/UFERSA
Presidente e orientador

gov.br

Documento assinado digitalmente
RONISON INOCENCIA NUNES
Data: 21/06/2022 15:22:22-0300
Verifique em <https://verificador.jbr.br>

Ronison Inocência Nunes – PPGCEM/UFERSA
Primeiro Membro

Ronnio Liniker da Silva e
Souza

Assinado de forma digital por Ronnio
Liniker da Silva e Souza
Dados: 2022.06.21 11:36:33 -03'00'

Ronnio Liniker da Silva e Souza – PPGATS/UFERSA
Segundo Membro