

## **EFEITO DO ÓLEO DA BORRA DO CAFÉ NO PVC EXPOSTO À RADIAÇÃO GAMA: MASSA MOLAR VISCOSIMÉTRICA E COLORIMETRIA**

**SILVA, Lindomar Avelino<sup>1D</sup>; ARAÚJO, Elmo Silvano<sup>2</sup>, AQUINO, Kátia Aparecida da Silva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Recife, Pernambuco, lindomar.avelino88@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, elmoaraujo@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, aquino@ufpe.br

### **RESUMO**

O Poli (cloreto de vinila) PVC é um polímero utilizado em artefatos médicos, estes podem ser esterilizados via radiação gama. No entanto, quando esse polímero é submetido à irradiação gama suas propriedades podem ser alteradas, resultado da cisão e reticulação da cadeia principal. Além disso, é perceptível o escurecimento da amostra evidenciando a formação de grupos cromóforos. Neste trabalho, fizemos uma análise da variação da massa molar viscosimétrica média do PVC aditivado com óleo oriundo de descarte, após irradiação gama, na dose de 25 kGy. Em adição, foi realizado ensaio de colorimetria. Nossos resultados indicaram que a adição do óleo não promoveu alteração na massa molar do PVC, indicando que o óleo promoveu proteção no sistema. Já nos ensaios de colorimetria, percebeu-se uma melhora nas propriedades óticas do polímero aditivado nas amostras não irradiadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** PVC, colorimetria, óleo da borra do café, irradiação gama.

### **1. INTRODUÇÃO**

O Poli (cloreto de vinila) (PVC) possui uma estrutura química que permite interagir com diferentes aditivos, possibilitando alterações em suas características e propriedades. Assim, o PVC pode ser confeccionado para diferentes aplicações. Dentre as aplicações, na área médica o referido polímero pode ser utilizado como embalagens para medicamentos, bolsas de sangue, cateter, tubos para transfusão e hemodiálise, luvas descartáveis e até em pisos de hospitais. Para o uso desses artefatos é necessário que estejam isentos de qualquer contaminação. Uma das técnicas utilizadas para este fim é a radioesterilização, que utiliza da radiação gama na esterilização do material. Entretanto, a interação da radiação gama com materiais poliméricos pode provocar alterações em suas estruturas moleculares resultando em cisão ou reticulação na cadeia principal.<sup>1</sup> Essas alterações, muitas vezes, são indesejadas.

Diante do exposto, este trabalho apresenta um estudo das propriedades do PVC, esterilizado por radiação gama, sendo o óleo da borra do café (OBC) utilizado como aditivo. O OBC é um resíduo gerado tanto da indústria de café quanto nas residências que consomem. Neste sentido, o OBC foi adicionado na matriz do PVC, aplicado na produção de cateter junto a todos os aditivos de processamento da indústria. Para análise dos efeitos radiolíticos na cadeia principal do polímero foram realizados testes viscosimétricos para a obtenção da massa molar viscosimétrica média. A colorimetria foi realizada, visto que, no decorrer da degradação radiolítica do polímero, esta propriedade pode ser modificada significativamente devido a formação de duplas ligações conjugadas na cadeia do PVC, chamados de grupos cromóforos, concedendo ao PVC uma coloração amarelada, característica da degradação do polímero.<sup>2</sup>

### **2. METODOLOGIA**

#### **Confecção dos corpos de prova e irradiação**

Corpos de prova do tipo gravata de PVC e PVC com OBC (PVC/OBC) foram produzidos pela indústria Braskem, seguindo os procedimentos da ASTM D 638, com dimensões de acordo com o tipo IV da norma referida ( $\approx$  3mm de espessura). Por ser de uma grade industrial, os aditivos de processamento estão presentes em todas amostras com os mesmos percentuais, diferenciando apenas o teor de OBC na amostra. A formulações são: PVC controle e PVC com adição de 0,5 % e 1,0% (m/m) de OBC. As concentrações de OBC

utilizadas foram obtidas em ensaios preliminares aplicados em filmes de PVC.<sup>3</sup> Os sistemas foram irradiados na dose de 25 kGy (dose de esterilização), com radiação gama proveniente de uma fonte de <sup>60</sup>Co taxa de dose ≈ 2,31 kGy/h em temperatura ambiente (~27 °C) e ar atmosférico.

### Análise viscosimétrica

Para a análise viscosimétrica foram preparadas soluções de concentração igual a 0,4g/dL, utilizando como solvente o tetrahidrofurano (THF) destilado. As análises foram realizadas utilizando um viscosímetro modelo SVM 3000 da Anton Paar, que fornece a viscosidade cinemática em mm<sup>2</sup>/s. Nesta técnica, é possível determinar a massa molar viscosimétrica média (Mv) do polímero por meio da determinação da viscosidade intrínseca,  $[\eta]$ , de uma solução polimérica. A Mv é calculada usando a relação de Mark-Houwink<sup>4</sup> (Equação 1) e a equação de Qian et al<sup>5</sup> (Equação 2).

$$[\eta] = KMv^a \quad (1)$$

Onde K e a são constantes que dependem do polímero, solvente e da temperatura. As constantes K e a para o PVC são, respectivamente  $13,63 \times 10^{-5}$  dl/g e 0,71 para temperatura igual a 25°C e solvente THF.<sup>6</sup>

$$[\eta] = \frac{\eta_{\text{esp}}}{C\eta_{\text{rel}}^{0,5}} \quad (2)$$

### Colorimetria

Para obter os resultados ópticos das amostras utilizou-se a colorimetria de triestímulos, no sistema CIELAB, por meio do colorímetro Minolta CR 400 (Konica Minolta Sensing, Inc.) no modo de reflectância, utilizando iluminação difusa, iluminante C (tipo de fonte de luz que representa a média da luz de dia, com temperatura de cor de 6740° K) e os ângulos de 0° e de 2°, referentes aos ângulos de detecção e do observador, respectivamente. No sistema de cores CL\*A\*B\* utiliza-se três coordenadas do cromático ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) para descrever o padrão cromático da gema. Para obtenção dos resultados do Índice de escurecimento (IE) foi calculado utilizando a Equação 3.<sup>7</sup>

$$IE = [100(X - 0,31)]/0,172 \quad (3)$$

Onde:  $X = (a^* + 1,45L^*) / (5,645L^* + a^* - 3,02b^*)$ . E o índice de amarelecimento (IY) foi obtido por meio da Equação 4.<sup>8</sup>

$$IY = 142,86b^* / L^* \quad (4)$$

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise viscosimétrica

Os resultados das análises viscosimétricas são apresentados na Tabela 1. Os resultados mostram que a amostra controle apresenta um aumento da massa molar viscosimétrica média de aproximadamente 2%, indicando uma leve reticulação no sistema. Já para as duas amostras contendo OBC, observa-se que não há alteração significativa na massa molar viscosimétrica. Assim, pode-se inferir que o OBC pode estar estabilizando radioliticamente o PVC. Estudos com o PVC e OBC na forma de filme, que foram desenvolvidos no nosso grupo de pesquisa e irradiado na dose de 25 kGy, mostraram que a adição do OBC possibilitou uma redução na cisão da cadeia principal de 67% e 32% para os sistemas PVC/OBC 0,5% e PVC/OBC 1,0%, respectivamente.<sup>3</sup> Estes resultados confirmam que o OBC apresenta eficiência mesmo em um sistema sem aditivos de processamento.

Tabela 1: Resultados da viscosidade do PVC controle, PVC/OBC 0,5% e PVC/OBC 1,0%.

Amostra	Dose (kGy)	Massa molar viscosimétrica (Mv)
PVC controle	0	57279,46 ± 44,37
	25	58472,19 ± 307,97
PVC/OBC 0,5%	0	59383,09 ± 126,74
	25	59604,51 ± 472,32
PVC/OBC 1,0%	0	58816,77 ± 137,10

## Colorimetria

Os resultados da colorimetria estão resumidos na Tabela 2. Para o parâmetro “L”, pode-se verificar que o PVC contendo OBC apresentaram valores mais altos que o PVC controle, para as amostras não irradiadas, indicando que são mais próximos da cor branca. Por outro lado, todas as amostras após irradiação apresentaram uma redução nesse valor, ou seja, mostra leve escurecimento pela formação de grupos cromóforos. Com relação ao parâmetro “a” quanto maior for o seu valor, mais avermelhado é o material, assim, o PVC controle, nas amostras irradiadas, também apresentou um valor mais alto que as amostras contendo o OBC, já as amostras após irradiação, observa-se valores semelhantes nas três composições. Irradiadas ocorre um aumento em todas. No parâmetro “b” as três amostras não apresentaram diferenças significativas, tanto nas amostras não irradiadas quanto as irradiadas, esse parâmetro está relacionado com a cor amarela. Com relação ao índice de escurecimento e ao índice de amarelecimento, percebe-se que todas as amostras apresentam valores semelhantes, tanto para as amostras irradiadas, quanto não irradiadas. Após irradiação observa-se valores maiores para estes índices, evidenciando a formação dos grupos cromóforos.

Tabela 2 – Resultados da colorimetria do PVC controle, PVC/OBC 0,5% e PVC/OBC 1,0%

Parâmetros e índices	Dose (kGy)	PVC controle	PVC/OBC 0,5%	PVC/OBC 1,0%
L*	0	80,05 ± 0,02	86,14 ± 0,01	86,19 ± 0,20
	25	75,61 ± 1,43	82,14 ± 0,05	81,17 ± 0,60
a*	0	0,95 ± 0,08	-1,1 ± 0,02	-0,79 ± 0,05
	25	2,06 ± 0,07	2,17 ± 0,01	2,30 ± 0,09
b*	0	11,37 ± 0,03	13,01 ± 0,10	11,95 ± 0,11
	25	22,22 ± 0,65	23,81 ± 0,07	23,36 ± 0,23
IE	0	15,71	14,88	13,76
	25	35,71	35,15	34,97
IY	0	20,29	21,56	19,81
	25	41,97	41,44	41,11

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apontaram que a adição de 0,5% do OBC no PVC, especificamente para uso em cateteres, reduz a degradação radiolítica do polímero, na dose de 25kGy, que é a dose de esterilização. Sobre a colorimetria percebe-se que as amostras não irradiadas contendo o OBC, quando comparadas com a amostra controle, apresentam-se menos escuras e menos avermelhadas. Isto quer dizer que houve uma redução na formação de grupos cromóforos durante o processamento das amostras com OBC. No entanto, após irradiação todas as amostras não mostram diferenças significativas em seus valores.

## 5. REFERÊNCIAS

1. A. Chapiro, *Radiation chemistry of polymeric systems*, John Wiley & Sons, New York, 1962.
2. D. V. Clegg; A. A. Vollver. *Irradiation effects on polymers*. Elsevier Applied Science Publisher. London and New York, 1991, 460.
3. T. Lima; K. Aquino; E. Araújo in Anais do International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2013 Pernambuco, 2013, Vol. 1, 24.
4. F.W. Billmeyer, “Textbook of polymer science”. 3rd ed., John Wiley & Sons, New York 1984, 202.
5. J.W. Qian; Z.Q. Du, *Acta Polym. Sin.* 1988, 2, 113.
6. J. Brandrup, E. Immergut, *Polymer Handbook*. Ed.; John Wiley & Sons, New York, 1989.
7. E. Palou; A. López-Malo; G.V. Barbosa-Cánovas; J. Welti-Chanes; B.G. Swanson. *Journal of food Science*. 1999, 64, 42.
8. J. Rhim; Y. Wu; C. Weller; M. Schnepf. *Journal of Food Science*. 1999, 64, 149.