



ESTABILIDADE DAS MANGUEIRAS DE PVC EM DIFERENTES AMBIENTES: ALTA TEMPERATURA, INTEMPÉRIE E COMPOSTAGEM

Gabriel P. Lazzaron^{1*}, Ruth M. C. Santana¹

1 – Laboratório de Materiais Poliméricos (LAPOL), Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS,

** gabilazzaron@hotmail.com*

Resumo: As mangueiras flexíveis são artigos úteis para o transporte de fluidos, sendo o PVC, um polímero termoplástico, um dos materiais poliméricos mais usados para sua fabricação. O PVC foi escolhido devido à sua facilidade em se adequar a diferentes meios de processamento e à sua afinidade com uma vasta gama de aditivos. Entretanto, as propriedades do polímero podem ser fortemente afetadas em ambientes que possam desencadear seu mecanismo de degradação. Assim, torna-se importante investigar a estabilidade deste produto em diferentes meios, a fim de aperfeiçoar suas aplicações. Este estudo descreve o comportamento de mangueiras de PVC cristal expostas em três ambientes (calor, intempérie e compostagem) por um período total de 70 dias. As amostras antes e após a exposição foram caracterizadas por ensaios físicos de gravimetria, colorimetria e dureza. Todas as amostras apresentaram perda de massa ao longo do ensaio, porém, as amostras condicionadas ao calor sofreram as maiores perdas de massa e uma mudança acentuada de coloração de amarelo a marrom (característico da degradação do PVC).

Palavras-chave: PVC, degradação, mangueiras flexíveis, propriedades físicas.

STABILITY OF PVC HOSES IN DIFFERENT ENVIRONMENTS: HIGH TEMPERATURE, BAD WEATHER AND COMPOSTING

Abstract: Flexible hoses are useful fluid transport devices, with PVC, a thermoplastic polymer, being one of the most used materials for their production. PVC was chosen due to its ease of adapting to different processing media and its affinity with a wide range of additives. However, the properties of the polymer maybe strongly affected in environments which trigger its degradation mechanism. Therefore, it is important to investigate the stability of this product in different media, in order to improve its applications. This study describes the behavior of crystal PVC hoses exposed to three different environments (high temperature, bad weather and composting) over a total period of 70 days. The samples before and after the exposure were characterized by physical testings of gravimetry, colorimetry and hardness. All samples showed mass loss during the experiments, however, the samples conditioned at high temperatures suffered the highest mass losses and a significant change in color towards yellow to brown (characteristic of PVC degradation).

Keywords: PVC, degradation, flexible hoses, physical properties.

Introdução

O PVC é o mais versátil dentre os polímeros termoplásticos, devido sua ampla afinidade com diversa gama de aditivos podendo ter suas características extremamente alteradas variando desde o rígido, como tubos e perfis rígidos, a super flexíveis, como filmes finos ou mangueiras. Toda essa versatilidade deve-se também à sua adequação aos mais variados processos de moldagem como rotomoldagem, extrusão, calandragem entre outros. Mangueiras de PVC são normalmente processadas em extrusoras de rosca simples [1]. A resina de PVC é obtida a partir de 57% de insumos provenientes do sal marinho ou da terra (sal-gema); e somente 43% de insumos provenientes de fontes não renováveis como o petróleo e o gás natural. A presença do átomo de

cloro em sua estrutura molecular torna o PVC um polímero naturalmente resistente à propagação de chama [1, 2].

Porém o PVC, não é estável termicamente, resultando na degradação do PVC que ocorre sem a cisão de cadeias, não havendo redução da massa molar média do polímero, mas sim uma mudança acentuada em suas propriedades químicas e físicas. No mecanismo de degradação ocorre o rompimento da ligação do carbono da cadeia principal com o cloro (-C-Cl), seguida da quebra de uma ligação C-H e formação de uma ligação dupla C=C. A reação é auto-catalítica e se propaga formando uma sequência de ligações duplas conjugadas. O efeito macroscópico mais evidente é a formação de cor. O produto de eliminação na degradação do PVC é o cloreto de hidrogênio (HCl), tóxico e corrosivo [3].

Sítios na cadeia polimérica que venham a reduzir a estabilidade da macromolécula de PVC são considerados defeitos ou irregularidades estruturais. A presença de grupos funcionais diferentes do mero resultantes de oxidação durante a polimerização; ou ramificações, ligações duplas e finais de cadeia provenientes do processo de polimerização do monômero criam posições com ligações C-Cl mais fracas. Isso torna o PVC susceptível a ativação do processo de degradação térmica [1,2, 3].

Neste estudo, objetivou-se avaliar estabilidade de mangueiras de PVC cristal condicionadas em distintos ambientes em um período total de 70 dias. Foram escolhidos três meios: calor, intempérie e solo (compostagem). Buscou-se comparar as transformações físicas apresentadas pelas amostras e relacionar ao mecanismo de degradação do PVC. Esse fator comparativo é importante para justificar sua aplicação, ou não, em determinados meios.

Experimental

Materiais

Foi adquirida uma mangueira de PVC Cristal (virgem), indicada para as aplicações gerais em transporte de líquidos e gases em baixa pressão, principalmente quando a visualização do produto é importante.

Métodos

Foram separados dez corpos de prova da mangueira de PVC. Todas as amostras foram previamente pesadas em uma balança analítica Shimadzu série ATX 224, e acondicionadas aos seus respectivos ambientes de exposição por um período total de 70 dias. Sendo retirada uma amostra de cada ambiente nos primeiros 25 dias (Grupo 1), 50 dias (Grupo 2) e 70 dias (Grupo 3).

Envelhecimento térmico: Foi preparado um sistema de aquecimento envolvendo uma lâmpada incandescente de 60 W protegida por um corpo cerâmico e integrado a um dimer para se ter o controle da potência. Uma caixa com 200 mm de aresta e volume total de 8dm³ foi empregada para montagem do ambiente de isolamento, a lâmpada incandescente foi colocada dentro do anteparo cerâmico para garantir apenas a interferência térmica nas amostras como mostrada na figura 2. Três corpos de prova foram expostos 12 horas/dia dentro da estufa com temperatura de 80°C.



Figura 1: À esquerda o esquema de aquecimento lâmpada incandescente, caneca e dimer. À direita, o anteparo de confinamento.

Exposição a Intemperismo natural: Três corpos de prova foram posicionados nas coordenadas 30°02'35.9''S; 51°12'58.8''W, por um período total de 70 dias (de 21/09/2016 a 30/11/2016). As variações climáticas do primeiro ao último dia de ensaio, foram monitoradas segundo o INMET.

Envelhecimento por compostagem: Três amostras restantes foram acomodadas em uma caixa de compostagem contendo resíduos orgânicos de origem animal e vegetal.

Perda de peso

Ao longo do experimento, as mangueiras retiradas de cada grupo passaram por um processo de lavagem e postas em estufa a 60°C por 24 horas. Em seguida foi realizada nova pesagem para determinar o peso final de cada corpo de prova. A porcentagem de perda de massa em função do tempo de exposição foi obtida de acordo com a Eq. 1:

$$Wt. (\%) = \frac{W_0 - W}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

Onde W é o peso final das amostras depois de finalizar os ensaios e W₀ o peso inicial antes de iniciar o processo de degradação.

Ensaio Colorimétrico

Utilizou-se um colorímetro BYK- Gardner modelo Spectro Guide sphere gloss n6834 com iluminante padrão D65. O parâmetro medido foi o parâmetro b* (de azul (negativo) para amarelo (positivo)). A amostra padrão foi uma mangueira de PVC não ensaiada.

Resultados e Discussão

Perda de massa

A figura 2 mostra a porcentagem de perda de peso das amostras em função do tempo de exposição em diferentes ambientes. Ao analisar os resultados, é possível notar que houve perda de peso em todas as amostras.

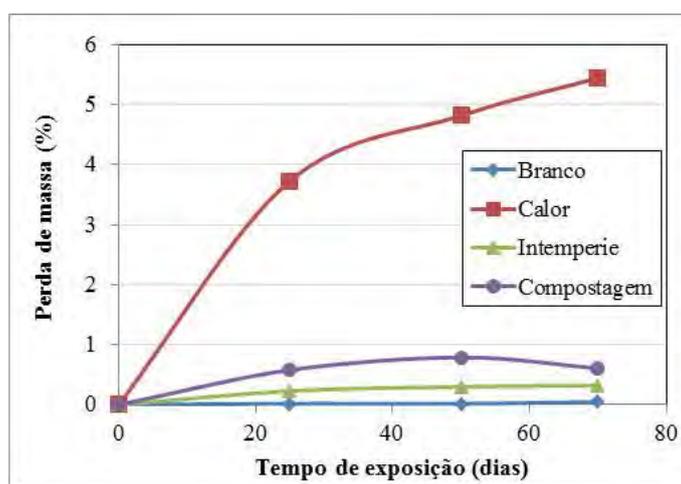


Figura 2: Perda de massa das amostras expostas em diferentes ambientes em função do tempo de exposição.

Porém, os corpos de prova submetidos ao envelhecimento térmico apresentaram valores significativamente maiores em comparação aos demais. As perdas de massa chegaram até 5,45% do no período total de exposição de 70 dias, 4,82% para 50 dias de exposição e 3,73% em 25 dias. Este resultado era esperado, devido a susceptibilidade do PVC à degradação térmica. O aumento do

período de exposição em condições severas aumenta o risco de degradação, além de que o processo de degradação do PVC é auto-catalítico [1,2,3].

A redução da massa das mangueiras nos demais ambientes não seguiu o mesmo patamar ficando em valores bem inferiores. Como foi observado com os resultados das amostras submetidas à intempérie, onde os valores foram de 0,23%, 0,30%, 0,32% para 25, 50 e 70 dias de exposição respectivamente. São os menores valores em comparação com os demais, ficando acima apenas da amostra padrão que perdeu 0,05% do seu peso original em 70 dias.

O mesmo se observa às amostras postas em solo de compostagem, houve redução da massa inicial em 0,58%, 0,79% e 0,61% para os períodos de 25, 50 e 70 dias, respectivamente. Quanto às condições climáticas, no período de exposição das amostras de intempérie nos primeiros 25 dias, houve as menores temperaturas, além de menores incidências de chuva. Nesse período observou-se maior proporção de perda de massa do que nos demais período de exposição. Ou seja, amostras de 50 e 70 dias expostas em períodos maiores à intempérie não seguiram com perdas de massa proporcionais ao tempo condicionamento devido a fatores climáticos que desaceleraram os mecanismos de degradação como maiores períodos de chuva e dias parcialmente nublados. Mas o mesmo comportamento não foi observado nas amostras de compostagem, pois não mostram relação entre o aumento da porcentagem de perda de peso com o tempo.

Propriedades colorimétricas

Na figura 3 são apresentados os resultados da mudança de cor de algumas amostras em função do tempo e tipo de ambiente. Na Figura 3-a são apresentados o parâmetro b^* , positivo que corresponde a cor amarelo, onde é possível visualizar que as amostras expostas ao calor apresentaram os valores mais altos, quando comparados às demais amostras que permaneceram muito próximos do valor do padrão, condizente com a translucidez da mangueira de PVC cristal (b próximo de zero). O fenômeno da desidrocloração é macroscopicamente comprovado pelo amarelecimento do polímero PVC [3]. Na figura 3-b, verifica-se a clara diferença na tonalidade do amarelo para as amostras degradadas com aplicação de calor frente às demais.

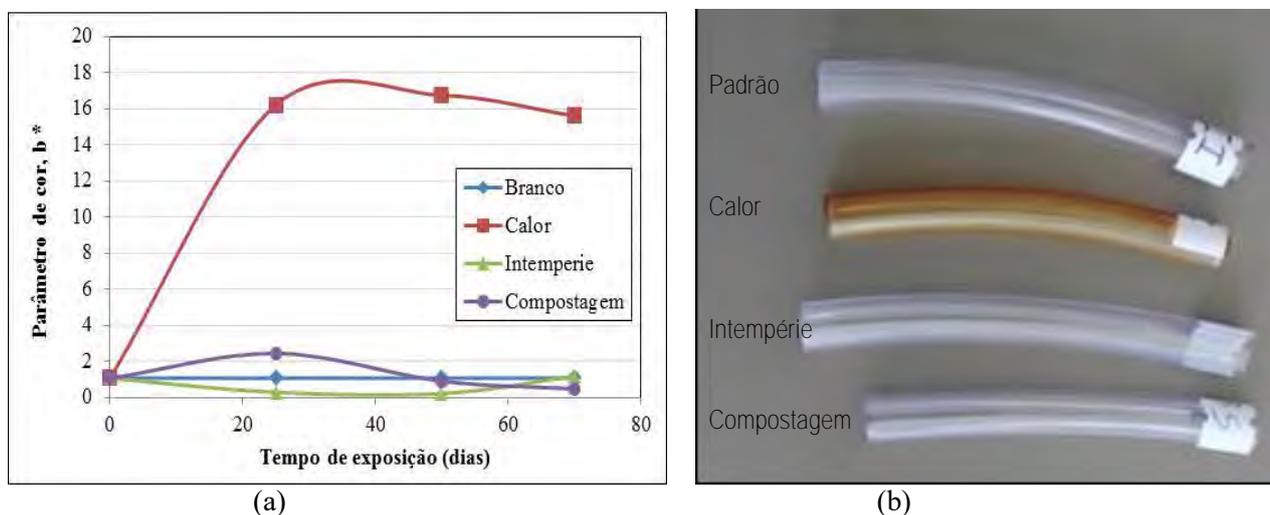


Figura 3: Resultados da cor das amostras em função do tempo de exposição para cada ambiente ensaiado: (a) o parâmetro b^* , (b) Imagem comparativa da amostra padrão com as amostras após envelhecimento.

Propriedade mecânica

Também foi verificada mudança na diminuição da flexibilidade para as amostras submetidas à exposição no calor, resultado que pode ser devido à perda de plastificante pela migração (exudação) deste a superfície pela alta temperatura. A figura 4 mostra os resultados da dureza das amostras na escala Shore A, evidenciando um acréscimo pronunciado para amostras expostas ao calor.

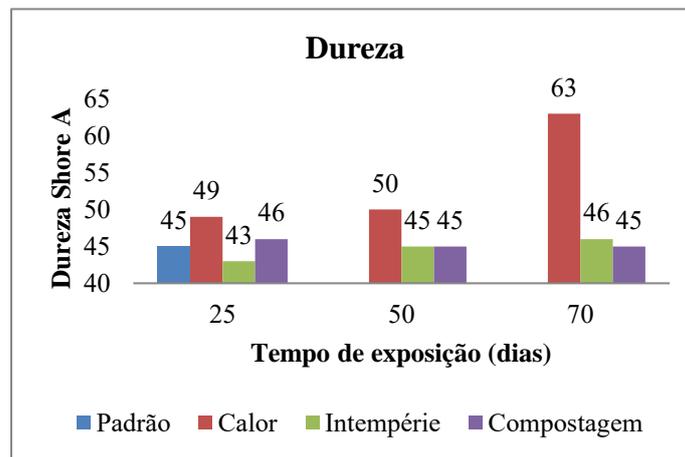


Figura 4: Resultados da dureza das amostras em função do tempo de exposição para cada ambiente ensaiado.

A exsudação de plastificante no PVC ocorre através de dois processos principais: a difusão do plastificante de dentro para fora da membrana de superfície do PVC, e a evaporação do plastificante fora da membrana do PVC, além disso, a presença do plastificante baixa o valor da Temperatura de transição vítrea [4,5].

Conclusões

Resultados de este estudo mostraram que todas as amostras envelhecidas nos diferentes ambientes perderam massa, sendo o mais pronunciado a degradação térmica. As mangueiras de PVC cristal são menos estáveis em ambientes de elevada temperatura. Para as amostras expostas a intempérie as condições climáticas mostraram ser um fator importante para acelerar o processo degradativo. O amarelecimento das amostras do PVC condiz com o processo de desidrocloração e foi observado apenas para os corpos de prova termicamente testados. Houve migração de plastificante para o mais longo período de exposição ao calor. As mangueiras de PVC dispostas em condições de intempérie e compostagem mostraram maior estabilidade e tiveram suas propriedades físicas pouco impactadas pelas condições de teste, ficando muito próximas da amostra padrão. Ao final da pesquisa, fica clara a susceptibilidade à termo oxidação do PVC.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Materiais Poliméricos -LAPOL da UFRGS pela infraestrutura.

Referências Bibliográficas

1. Rodolfo Jr. A.; Nunes, L. R.; Ormanji, W. – "Tecnologia do PVC", 2ª edição. ProEditores, São Paulo (2006).
2. Rodolfo Jr., A.; Mei, L. H. I. - Mecanismos de degradação e estabilização térmica do PVC. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 17, nº 3, p. 263-275, (2007).
3. Paoli M. A. Degradação e Estabilização de Polímeros. Chemkeys, 2ª versão on-line, p. 32 – 34, 2008.
4. Wilson, A. S. Plasticisers Principles and Practice. The Institute of Materials, Cambridge, 1995.
5. D.S. de Vargas; R.M.C. Santana – 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, 2014, Vol. 1, 6823.