

**15º Congresso Brasileiro de Polímeros**  
**27 a 31 de outubro de 2019**

## **ESTUDO DA SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DE PET E PVC PELO MÉTODO DE FLOTAÇÃO UTILIZANDO COMO TENSOATIVO MIBC**

**Anie K. da R. Oliveira<sup>1</sup>, Ruth M. C. Santana<sup>1</sup>**

*1-Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais (PPGE3M) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre- RS*

[aniekarina@yahoo.com.br](mailto:aniekarina@yahoo.com.br)

**Resumo:** A reciclagem dá a oportunidade de diminuir os resíduos descartados, mas há grande dificuldade na separação de PET e PVC pós-consumo, pois possuem densidades semelhantes impedindo a separação por diferença de densidade. O objetivo desse estudo foi melhorar a separação por flotação adicionando um tensoativo sem modificar as propriedades do PET. As amostras utilizadas eram de PET proveniente de garrafas de refrigerante e PVC de blisters de remédio ambos cortados em flacks. Na preparação das amostras utilizou-se tratamento químico com solução de NaOH nas concentrações de 1 e 4% m/m e o agente tensoativo na flotação 4-Metil-2-Pentanol (MIBC) nas concentrações de 0,25 e 0,50% m/m. Os resultados mostram que em ambas concentrações de solução de MIBC a eficiência de flotação foi melhor que só em água. Para as demais propriedades das amostras realizou-se os ensaios físico de densidade por picnometria e reológico de viscosidade, ambos os resultados mostraram não ocorrer degradação significativa.

**Palavras-chave:** *Separação, reciclagem, flotação, MIBC.*

### ***STUDY OF THE SEPARATION OF PET AND PVC WASTE BY THE FLOATING METHOD USING AS MIBC TENSIONER***

**Abstract:** The recycling gives the opportunity to reduce the waste discarded, but there is great difficulty in the separation of PET and PVC after consumption, because they have similar densities preventing the separation by density difference. The aim of this study was to improve flotation separation by adding a surfactant without modifying PET properties. The samples used were from PET bottles of soft drink bottles and PVC blister packs both cut into flacks. In the preparation of the samples, chemical treatment with NaOH solution at concentrations of 1 and 4% m / m and surfactant in the 4-Methyl-2-Pentanol (MIBC) flotation at concentrations of 0.25 and 0.50% m / m. The results show that in both concentrations of MIBC solution floatation efficiency was better than in water alone. For the other properties of the samples the physical tests of density by picnometry and rheology of viscosity were performed, both results showed no significant degradation.

**Keywords:** *Separation, recycling, flotation, MIBC.*

### **Introdução**

O uso de garrafas PET é muito elevado devido a sua utilização diversificada, havendo uma grande quantidade desse material a ser reciclado.

Em 2008, o índice de reciclagem do PET no Brasil foi de aproximadamente 55%, ficando atrás somente do Japão [1,2]. Há, porém, alguns contratempos que dificultam a reciclagem do PET pós-consumo. O PVC possui densidade muito próxima a do PET, entre 1,33 – 1,35 g/cm<sup>3</sup>, o que torna difícil a separação entre eles [3,4]. Um dos problemas é que o PVC, ao ser exposto a altas temperaturas, libera ácido clorídrico, causando manchas no material reciclado, ou até mesmo o inutilizando. Uma garrafa de PVC em meio a 20 mil garrafas de PET é o suficiente para inutilizar todo o lote, fazendo com que este seja um dos principais problemas durante a reciclagem [3-5].

Quando se trata de material reciclável, quanto menor a complexidade do resíduo, maior será seu valor de reciclagem, assim como melhor será o aproveitamento do resíduo, e consequentemente

diminuindo as etapas e os recursos utilizados no processo, como separação, limpeza do resíduo, recuperação de coadjuvantes utilizados na limpeza (água e solventes) e energia para estas operações[6]. Para isso é necessário se considerar desde o início do processo produtivo, e ter sempre a ideia de desenvolvimento sustentável, pensando sempre em reutilizar, reaproveitar e também na reciclagem dos materiais envolvidos em cada embalagem [7,8].

O maior problema relacionado com essa semelhança entre PET e PVC é a chamada contaminação cruzada, ou seja, quando o PET estiver contaminado com PVC, este irá degradar a altas temperaturas, pois a temperatura de fusão do PVC é inferior à do PET e causará posteriormente a degradação do PET reciclado. O contrário, ou seja, quando o PVC está contaminado com PET, será necessário filtrar o material quando estiver em estado fluido para separar os contaminantes e não causar danos aos equipamentos, pois o cloro é eliminado na forma de gás e com o tempo esse material acaba danificando os equipamentos, assim como o ambiente de trabalho e ainda é prejudicial à saúde dos trabalhadores [4,8].

O método de separação entre o PET e o PVC mais econômico, e o que será estudado neste relatório será o de Flotação. Neste estudo será analisado a ação do agente tensoativo MIBC para facilitar a modificação da tensão superficial do PVC e por sua vez fazer com que este possa flotar, separando-se assim do PET. Também será analisada a degradação do PET através de ensaios como viscosidade intrínseca e densidade.

## Experimental

Os materiais usados neste trabalho foram garrafas de PET pós-consumo provenientes de refrigerantes transparentes de capacidade de 2L e PVC proveniente de “blisters” de remédios. Também foram usados os reagentes químicos: Fenol P.A., Tetracloroetano, 4-Metil-2-Pentanol (MIBC), ácido acético P. A., NaOH, detergente líquido, acetona e álcool etílico.

Foram cortados pequenos pedaços provenientes das garrafas PET que não possuíam adesivo e foram tratados segundo as informações na Tab. 1.

Tabela 1: Tratamento das amostras sem adesivo.

Amostra	Solução de NaOH (%)	Tempo de agitação (min)	Temperatura na agitação (°C)	Tempo de secagem (horas)	Temperatura de secagem (°C)
A1	1	15	24	3	80
A2	1	30	24	3	80
A3	1	15	80	3	80
A4	1	30	80	3	80
A5	4	15	24	3	80
A6	4	30	24	3	80
A7	4	15	80	3	80
A8	4	30	80	3	80
A9	1	15	24	24	80
A10	1	30	24	24	80
A11	1	15	80	24	80
A12	1	30	80	24	80
A13	4	15	24	24	80
A14	4	30	24	24	80
A15	4	15	80	24	80
A16	4	30	80	24	80

Após o tratamento, as foram caracterizadas por ensaios físicos e reológicos. Os ensaios físicos usados foram a densidade por picnometria, segundo norma P-MB-1160, usando como solvente álcool etílico e a flotação em MIBC 0,25% e 0,50%, em pH ácido, pH neutro e em pH básico [4,9].

O ensaio reológico utilizado foi a viscosimetria, para determinação da viscosidade intrínseca do PET, segundo norma D 4603.

## Resultados e Discussão

### Propriedades físicas

Na Fig. 1 são mostradas as densidades das amostras após o tratamento químico. Onde é possível verificar-se que a amostra A3 e A4, tiveram decréscimo de densidade, o que pode ser explicado pela temperatura do banho, 80°C, que pode ter interferido nas propriedades dessas amostra. Também foi verificado que as amostras A9, A10, A11 e A13 tiveram um pequeno decréscimo da densidade que também pode ter sido causado por decomposição em função do tempo de secagem dessas ter sido 8 horas com temperatura de 80°C. Estudos mostram que elevadas temperaturas podem levar os polímeros a degradação de suas propriedades [2,3].

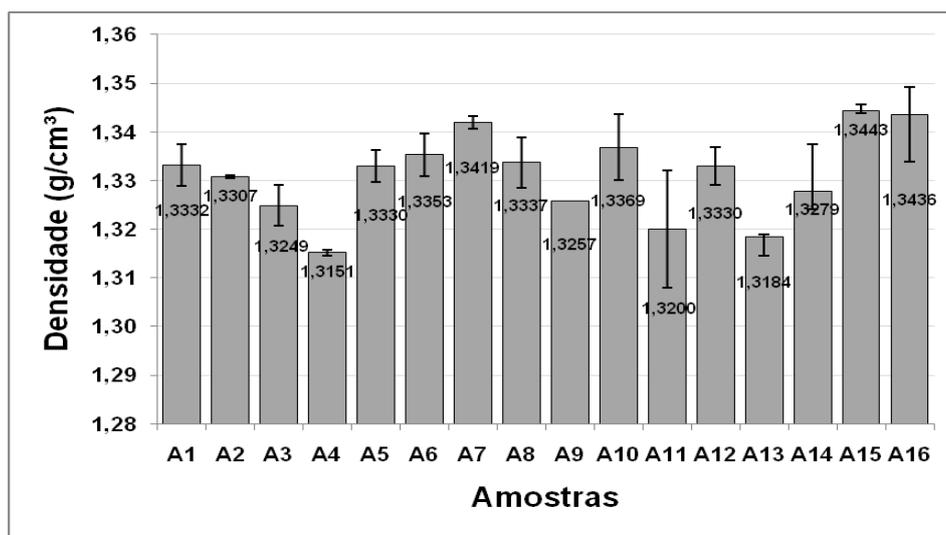
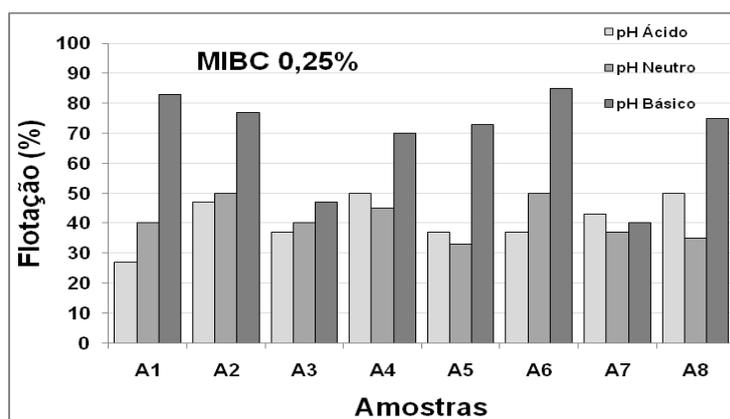


FIGURA 1: Densidade das amostras sem adesivo após tratamento químico.

Na Fig. 2 são apresentados os resultados da Flotação. Como este ensaio deve ser feito logo após o tratamento químico, sem a necessidade de secagem, somente foram testadas as amostras até a A8, pois a partir desta todo o tratamento químico é o mesmo para as amostras mudando somente o tempo de secagem.



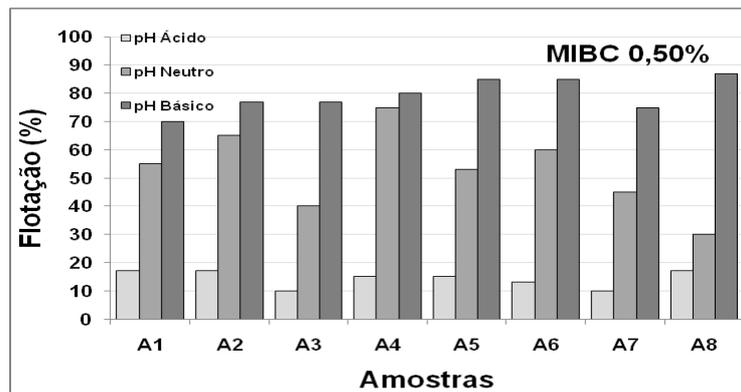


Figura 2: Eficiência da separação entre o PVC e PET por flotação em MIBC 0,25 e 50%.

Observa-se que a porcentagem varia conforme o pH em que a amostra se encontra. Nos dois casos observa-se que o pH mais eficiente é o básico, onde ocorre uma melhor separação entre o PVC e o PET, sendo a melhor solução para flotação a de MIBC 0,50%, na qual os resultados foram mais uniformes. Também pode ser observado que para esta solução as amostras com pH neutro apresentaram uma eficiência de flotação melhor que na solução de MIBC 0,25%.

### Propriedades reológicas

Na Fig. 3, são apresentados os resultados das viscosidades intrínseca das amostras A1-A16. Observa-se que as amostras A11 e A13 são as que possuem maior viscosidade e são também as que tiveram uma densidade menor, mostrando que não sofreram degradação significativa.

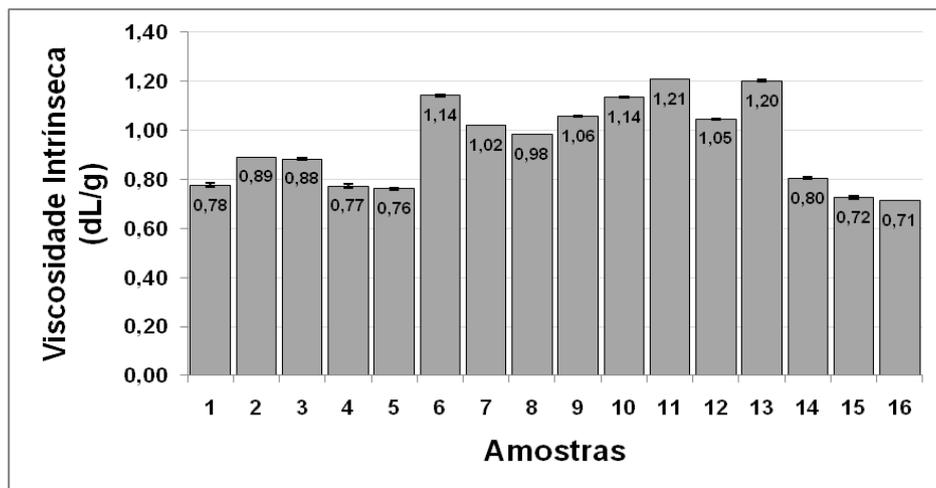


FIGURA 3: Viscosidade Intrínseca das amostras após tratamento químico.

Após a análise dos resultados obtidos nos ensaios foi possível observar que mesmo com as diferenças entre os mesmos comparados com os valores padrão de PET, tanto para os ensaios de viscosidade quanto de densidade, a degradação não foi significativa. Quanto a flotação, observou-se que a concentração da solução de MIBC influencia diretamente nesta, mostrando assim sua importância na mudança da tensão superficial das amostras de PVC.

### Conclusões

A Flotação é o método de separação entre o PET e o PVC mais econômico. Atualmente, empresas procuram métodos mais econômicos de reciclagem e que obtenham um bom resultado. Durante os experimentos, observou-se que tanto em MIBC 0,25% e MIBC 0,50%, o nível de separação do PET e PVC é significativo. Porém, baseado na ideia de economia e eficiência, observa-se que em MIBC

0,25% e com o tratamento da amostra A1 em meio básico, há grandes resultados, pois gasta-se pouco em energia e em reagentes, e se obtém um bom resultado quanto a separação de PET e PVC. Nas amostras com adesivo, através dos resultados obtidos, conclui-se que as amostras tratadas com NaOH/Acetona e NaOH/Álcool tiveram grande eficiência na remoção dos adesivos das embalagens PET. A maior eficiência foi observada na amostra tratada com NaOH/Acetona, que além de ter removido completamente o adesivo, foi a que menos degradou o PET.

### **Agradecimentos**

Agradecemos ao apoio financeiro da FAPERGS e ao LAPOL (Laboratório de Polímeros) da UFRGS que nos forneceu a infraestrutura necessária para a realização das análises utilizadas nesta pesquisa.

### **Referências (Fonte deste título Times New Roman 12, negrito)**

1. F.J. Forlin; J.A.F. Faria, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 12, nº 1, p. 1-10, 2002.
2. A. S. F. Santos; J. A. M. Agneli; S. Manrich. *Polím.: Cien. E Tecn.* V.14, n. 5, p. 307-312, 2004.
3. R.J. Nankee, TA Vivian, US Patent 4,543,364, 1985.
4. S. D. Mancini; S. Donnini; M. N. Bezerra; M. Zanin.V. VIII, n. 2, p. 68-75, 1998.
5. A.K.R. Oliveira; P.C. Dartora, P. C. ; R.M.C. Santana in *Anais do In: XII International Macromolecular Colloquium -IMC 2010, 2010, Gramado-RS. XII International Macromolecular Colloquium -IMC 2010; 7th International Symposium on Natural Polymers and Composites ISNAPOL 2010, 2010. v. 1. p. 1269-1273.*
6. H. Onusseit. *Resources, Conservation & Recycling*, 2005.
7. S.D. Mancini; I. G. Matos; R.F. Almeida. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*. Vol. 14, n. 2, p. 69-73, 2004.
8. H. Shen, R.J. Pugh, E. Forssberg. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* .N. 196, p. 63–70, 2002.