



Influência da variação de carga no ensaio de índice de fluidez para os polímeros

Alexandre Milanez¹
Natália Ribeiro dos Santos²
Josiane da Rocha Silvano das Neves³
Thiago Fernandes de Aquino⁴
Beatriz Bonetti⁵
Vanessa Olivo Violla⁶
Vanessa de Castro Barbosa⁷
Letícia Possoli dos Santos⁸

Resumo: Os materiais poliméricos são utilizados para várias finalidades, desde a fabricação de embalagens de produtos, peças automotivas, brinquedos, utensílios domésticos, geomembranas e várias outras aplicações. Pela grande variedade de aplicações, os polímeros devem possuir características importantes como resistência mecânica, barreira a produtos para evitar contaminações, isolamento térmico e elétrico, resistência a degradação causada por elementos químicos e demais propriedades, dependendo do tipo de produto que se trabalha. Para cada tipo de produto que se deseja obter, existem polímeros que podem ser aplicados que demonstram melhores capacidades pelo seu desempenho ou seu custo de produção. Polímeros como o PEAD (Polietileno de Alta Densidade), PEBDL (Polietileno de Baixa Densidade Linear) e o EVA (Etileno-Vinil Acetato) são utilizados como matéria prima na fabricação de produtos poliméricos, assim como o seu processamento demanda condições de máquinas diferentes. Além da matéria prima polimérica, a fabricação de produtos utiliza aditivos como corantes, melhoradores de fluxo, proteção contra radiação UV, entre outros aditivos que influenciam na capacidade de processamento desses materiais. Uma das maneiras de se avaliar essa influência e controlar o processo, o ensaio de índice de fluidez (Melt Flow Rate) se torna importante, avaliando o efeito da temperatura de processamento e da força aplicada sobre a reologia dos polímeros. O ensaio de fluidez permite a variação de força e temperatura no equipamento, permitindo avaliar o efeito desses parâmetros sobre os polímeros em um processo de extrusão com orifício calibrado. Para avaliar o efeito da força de extrusão do ensaio sobre os polímeros, avaliou-se os polímeros PEAD, PEBDL e EVA no estado virgem e aditivado com carvão mineral, variando a força aplicada através da massa do sistema. Os resultados indicam que o uso do carvão mineral aumentou o índice de fluidez para os PEAD e PEBDL comparado ao material virgem, mas o aumento da força diminui a diferença entre o material virgem e o aditivado. O EVA tem característica de reduzir a fluidez do material com a aditivação e o aumento da força, faz com que ocorra uma diminuição ainda maior em comparação com o material virgem 2% (massa de 3,8 kg) para 13% (massa de 21,6 kg).

¹ Professor, Centro Universitário UNISATC. E-mail: alexandre.milanez@satc.edu.br

² Graduanda Centro Universitário UNISATC. E-mail: natalia-santos2008@hotmail.com

³ Professora, Centro Universitário UNISATC. E-mail: josiane.neves@satc.edu.br

⁴ Professor, Centro Universitário UNISATC. E-mail: thiago.aquino@satc.edu.br

⁵ Doutora, Centro Universitário UNISATC. E-mail: beatriz.bonetti@satc.edu.br

⁶ Mestre, Centro Universitário UNISATC. E-mail: vanessa.viola@satc.edu.br

⁷ Engenheira Ambiental, Centro Universitário UNISATC. E-mail: vanessa.barbosa@satc.edu.br

⁸ Analista de Estudos e Projetos Centro Universitário UNISATC. leticia.santos@satc.edu.br



Palavras-chave: Processamento de polímeros; Índice de Fluidez; Carvão Mineral; ASTM D1238.

1 INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira da indústria do Plástico, Abiplast indica que no ano de 2023, foram consumidos no Brasil 7,49 milhões de toneladas de polímeros para a fabricação dos mais diversos tipos de produtos com um faturamento aproximado de R\$ 123,86 bilhões de reais (Abiplast 2023). A indústria nacional produz diversos tipos de produtos para as mais variadas aplicações, como embalagens de produtos, brinquedos, peças automotivas, utensílios domésticos, geomembranas e mais uma variada quantidade de produtos.

Como matéria prima para a fabricação de produtos plásticos, os polímeros se diferenciam pela sua versatilidade e variações, como por exemplo os Etilenos, Polipropilenos, Estirenos, Elastômeros e demais tipos utilizados como matéria prima. Um produto pode ser fabricado com mais de um tipo de polímero, como por exemplo as geomembranas, que podem utilizar o Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno de Baixa Densidade Linear (PEBDL), Polipropileno (PP), o Etileno Acetato de Vinila (EVA) ou o Policloreto de Vinila (PVC). A escolha do tipo de polímero usado para a fabricação da geomembrana depende das exigências de utilização, como resistência a tração, perfuração ou resistência a algum agente químico.

Nos projetos de sistemas de tratamento de efluentes de mineração, barreiras são instaladas para evitar a contaminação do solo e dos mananciais, sendo as geomembranas as mais utilizadas para esta finalidade (Frangipani, 2020; Botelho, 2019). Isso se dá pela capacidade de barreira dos polímeros, não deixando que água contaminada atinja o lençol freático e resistência mecânica a perfuração por elementos presentes em aterros sanitários, barragens ou estações de tratamento de efluentes.

Para a fabricação dos produtos plásticos, além da escolha do tipo de polímero, são acrescentados os aditivos para dar características de coloração ao produto. Outros aditivos podem ser acrescentados para alterar a durabilidade do polímero quanto a resistência mecânica e química (Miranda, 2018). Aditivos como o negro de fumo são utilizados na fabricação de produtos plásticos, dando a estes



produtos uma coloração negra e uma proteção quanto a degradação do material causado pela radiação UV (Tsehaye, 2018). Além de proteção química ou climática, a aditivação dos polímeros pode aumentar por exemplo a resistência mecânica a perfuração em geomembranas ou auxílio no processamento dos polímeros utilizando plastificantes e em muitos casos cargas minerais para diminuir os custos de produção (Silva, 2020; Santos, 2013).

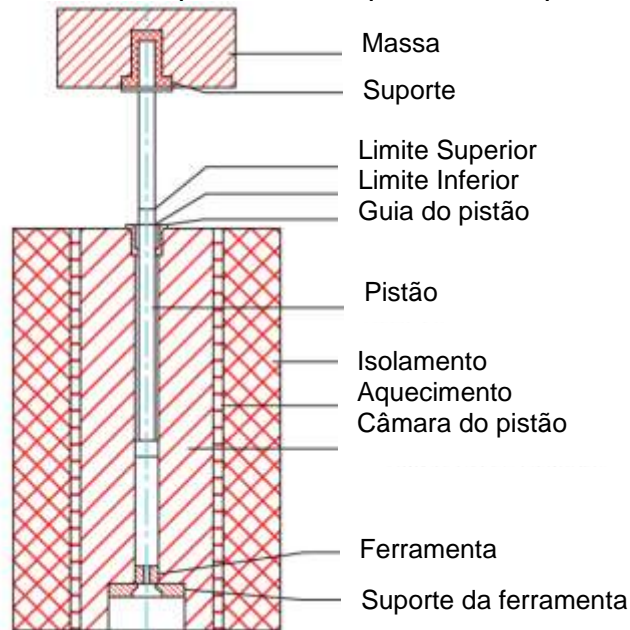
Contudo, a utilização de aditivos nos polímeros no processo de fabricação acaba por alterar o comportamento desses materiais durante o seu processamento, ou seja, alterando a reologia do material (Erbetta, 2014).

A reologia é estudo do comportamento da deformação e do escoamento de materiais sob condições de temperatura e pressão ao longo do tempo. O estudo da reologia dos materiais é importante, pois no processamento dos polímeros, parâmetros como temperatura de processamento podem influenciar na resistência mecânica dos materiais e na capacidade de processamento.

Os produtos fabricados com materiais plásticos podem ser obtidos utilizando processos de fabricação dos mais variados, sendo os principais o processo de injeção para peças sólidas e rígidas, o processo de sopro para fabricação de embalagens para materiais líquidos, as termoformadoras para descartáveis plásticos e extrusoras para filmes plásticos flexíveis. Cada um destes processos de fabricação possui características diferentes quanto ao seu ferramental, fazendo com que os polímeros fluam de formas diferentes nos equipamentos. Por este motivo, avaliar a fluidez dos polímeros a uma determinada temperatura e pressão é um importante fator de controle de processo, influenciando diretamente na capacidade de processamento destes produtos nos equipamentos.

A fluidez dos polímeros pode ser avaliada através do índice de fluidez, obtido através de um equipamento chamado de plastômetro que aquece o material a uma determinada temperatura que é forçado a passar por uma ferramenta com orifício calibrado. A quantidade de material que passa pelo orifício por tempo (gramas/10 minutos) é o resultado do ensaio. A Figura 1 mostra o esquemático do equipamento de teste conforme a norma ASTM D1238.

Figura 1 - Desenho esquemático do plastômetro por extrusão.



Fonte: ASTM D1238, (2023).

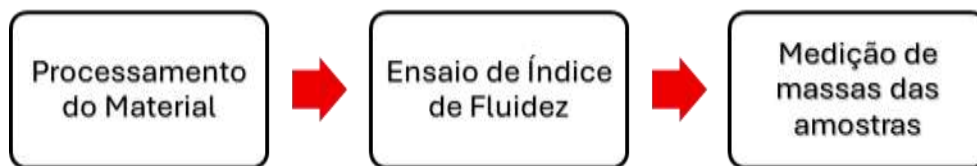
Conhecer o índice de fluidez de um polímero é uma informação importante, visto que os fabricantes de polímeros como a empresa Braskem ao publicarem as fichas técnicas dos materiais, acabam por informar o índice de fluidez esperado para o material, indicando o valor e os dados de ensaio para que possam ser replicados.

Neste contexto em que o índice de fluidez é um fator importante para o controle de processamento, o presente trabalho tem como objetivo analisar a influência da força de carga no ensaio sobre os polímeros PEAD, PEBDL e EVA no formato virgem e com aditivação de carvão mineral. A análise busca verificar o comportamento desses polímeros quanto a quantidade de material processado, variando-se a força no ensaio de índice de fluidez e o seu efeito quanto aditivado com carvão mineral em uma única concentração. Espera-se determinar a força aplicada altera o valor do índice de fluidez e se este mesmo comportamento pode ser encontrado quando o material é aditivado.

2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a avaliação da influência da massa de carga aplicada no ensaio, foram utilizadas a metodologia conforme a figura 2.

Figura 2 - Fluxo dos Ensaio Realizados.



Fonte: Autor, 2025.

A preparação dos materiais se deu em duas partes, a primeira foi a obtenção do masterbatches e a segunda o processamento dos materiais para os ensaios de fluidez.

A preparação da matéria prima foi realizada em uma extrusora monorosca da empresa Axplásticos. A figura 3 mostra o equipamento utilizado na obtenção dos materiais para os ensaios.

Figura 3 - Extrusora monorosca com sistema de granulação.



Fonte: Autor, 2025.

O primeiro material a ser processado foi o masterbatches com PEBDL adicionado com 5 % de carvão mineral. Este masterbatches foi utilizado para a fabricação dos demais materiais, conforme a sequência abaixo:

- 1) PEAD + 15% de PEBDL + 15% de Masterbatches + 5% de Plastificante.
- 2) PEAD + 15% de PEBDL + 30% de Masterbatches + 5% de Plastificante.
- 3) PEAD + 10% de PEBDL + 15% de Masterbatches + 5% de EVA.
- 4) EVA + 15% de Masterbatches.

As matérias primas utilizadas no experimento foram o PEAD BF4810, o PEBDL LL5400S e EVA TN2006, todos fabricados pela empresa Brasken. O plastificante utilizado foi um auxiliar de fluxo fornecido pela empresa Cristalmaster. No processamento das misturas, as temperaturas utilizadas na extrusora foram iguais para todos os materiais, mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Temperaturas programadas na Extrusora.

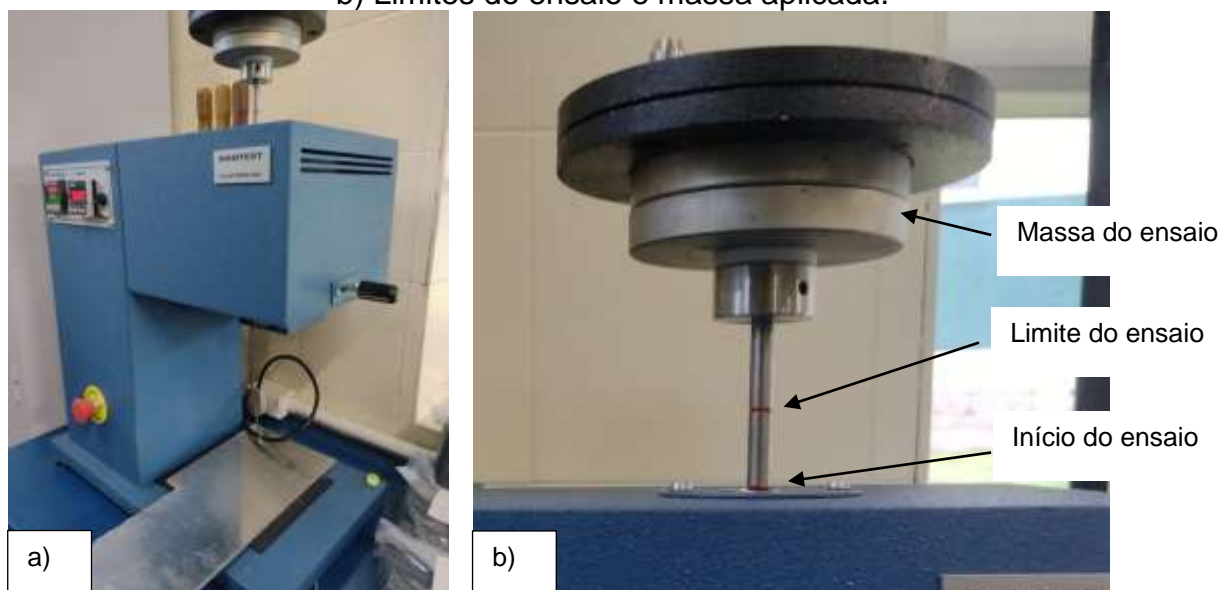
	1° Zona	2° Zona	3° Zona	4° Zona	Temperatura da massa
Temperatura	180 °C	190 °C	200 °C	210 °C	188 °C

Fonte: Autor, 2025.

Foram processadas aproximadamente 500 gramas de cada mistura de material para os ensaios de Fluidez. Além das misturas de materiais, foram analisados também os materiais PEAD, PEBDL e EVA no formato virgem fornecido pelo fabricante dos polímeros.

Para o ensaio de índice de fluidez foi utilizado um plastômetro da empresa Maqtest com capacidade de carga de 2,16 a 21,6 kg. A Figura 4 mostra o equipamento utilizado no ensaio de fluidez, com os pontos de regulagem do equipamento.

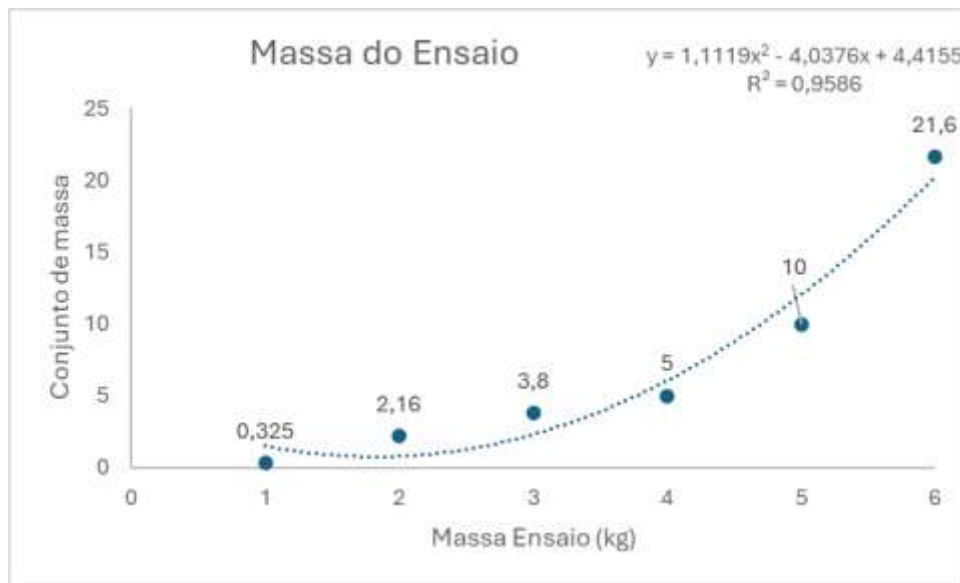
Figura 4 - Plastômetro utilizado nos ensaios, onde: a) Máquina utilizada no ensaio e b) Limites do ensaio e massa aplicada.



Fonte: Autor, 2025.

As massas e a temperatura de ensaio foram definidas utilizando as condições sugeridas pela tabela X4.1 da norma ASTM D1238-23a, com temperatura de ensaio de 190 °C e massas conforme a Figura 5, onde somente a massa de 0,325 kg não foi utilizada.

Figura 5 - Massas indicadas no ensaio de índice de fluidez.



Fonte: Autor, 2025.

As massas e as temperaturas são sugeridas para os polietilenos, sendo que a norma não indica valores para o EVA. Desta forma utilizou-se os mesmos valores utilizados para os polietilenos nos ensaios para o EVA, sendo que o fabricante dos polímeros também utiliza os mesmos valores nas fichas técnicas do produto. As massas utilizadas nos ensaios, mostradas na Figura 5 são a soma entre a massa do pistão e a massa colocada sobre o pistão. O fabricante do equipamento informa quais as massas devem ser adicionadas para que o valor da massa final do ensaio seja atingido.

O ensaio de índice de fluidez possui três pontos de regulação: a temperatura, a massa aplicada e o tempo de ensaio. O tempo de ensaio pode ser realizado utilizando um tempo de 10 minutos ou 6 minutos multiplicado por um fator de correção. O resultado do ensaio é expresso em gramas a cada 10 minutos de material que passa por um orifício calibrado (diâmetro de 2,095 mm), por isso o tempo de ensaio é importante.

A quantidade de material polimérico colocado no equipamento deve ser o suficiente para que o indicador de início de ensaio, Figura 5, fique acima da parte

superior do plastômetro. O ensaio é finalizado quando o tempo de ensaio de 6 ou 10 minutos é atingido, mas no caso deste experimento, cronometrou-se o tempo de ensaio manualmente para no caso do limite físico de fim de ensaio fosse atingido antes do tempo cronometrado. Ao atingir o tempo requerido de ensaio, ou o limite físico na máquina, o material é cortado e deixado resfriar para posterior avaliação em uma balança analítica com capacidade de 200 gramas e 1mg de resolução.

3 ANÁLISE DOS DADOS

3.1 MASTERBATCHES

O masterbatches fabricado ficou com um formato alongado, dificultando o corte no granulador. Além do formato alongado, o material absorveu umidade do sistema de resfriamento de filme, necessitando no final do processo de secagem dentro de um forno do tipo estufa a uma temperatura de 90 °C por 3 horas.

Após a secagem os materiais formulados foram processados com a adição do masterbatches que formaram grânulos com maior facilidade. A Figura 6 mostra o masterbatches com carvão mineral e o PEAD com 15% de masterbatches processado.

Figura 6 – Material processado na extrusora, onde: a) Masterbatches de carvão, com 5% de concentração de carvão mineral e b) Primeira formulação com PEAD + 15% de PEBDL + 15% de Masterbatches + 5% de Plastificante.



Fonte: Autor, 2025.

As formulações processadas não necessitaram passar por secagem após o processamento. Materiais com excesso de umidade não devem ser inseridos no plastômetro sem um processo de secagem, pois o excesso de umidade pode

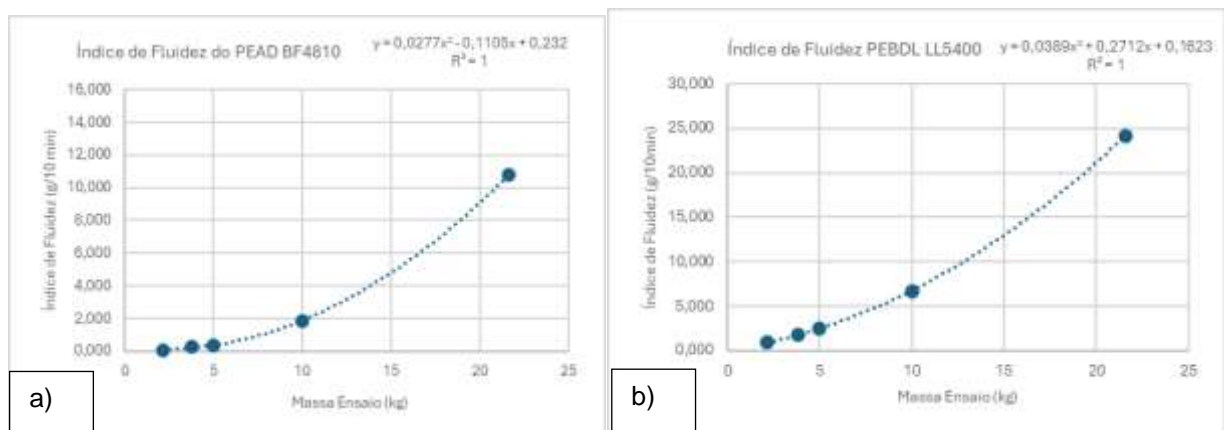
influenciar os resultados do ensaio. A indicação de umidade no material aparece em formato de bolhas no material extrusado do plastômetro.

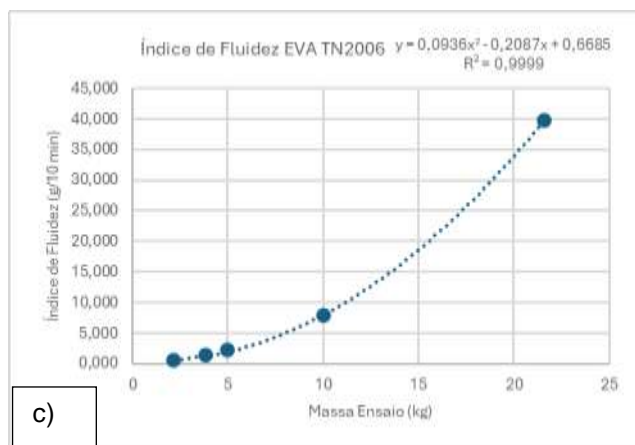
3.2 ÍNDICE DE FLUIDEZ

No ensaio de índice de fluidez foram processados as quatro formulações e os três materiais virgens, totalizando sete tipos diferentes de materiais. Para cada material foram utilizadas massas diferentes e para cada massa ensaiada, foram realizados três ensaios repetidos, totalizando 105 ensaios. Os ensaios realizados com massa de 2,16 kg, foi possível extrair três amostras sequencialmente, pois a quantidade de material extrusada no plastômetro foi pequena.

Para as massas de 21,6 kg o tempo utilizado para medição de 6 minutos não foi suficiente para uma única medição completa, sendo necessário a cronometragem manual e depois a extrapolação dos valores utilizando regra de três. Isso acabou por alongar o tempo de ensaio, pois para cada material e carga, teve-se que carregar o plastômetro com mais material e esperar o tempo de 15 minutos para equilíbrio das temperaturas. A Figura 7 mostra a média dos resultados para o ensaio de índice de fluidez para o PEAD, PEBDL e o EVA virgens.

Figura 7 - Índice de fluidez variando a carga de ensaio, onde: a) Fluidez do PEAD, b) Fluidez do PEBDL e c) Fluidez do EVA.





Fonte: Autor, 2025.

O comportamento dos materiais no ensaio de fluides indica um comportamento não linear a medida que a carga no ensaio aumenta. A relação de massas utilizadas no ensaio também não segue um aumento linear e sim um aumento polinomial de uma equação do segundo grau. Apesar do comportamento dos materiais no ensaio terem uma relação polinomial, as equações não se comportam da mesma forma em comparação com a variação de massa de carga no ensaio. Assim, os resultados mostram a importância da escolha da massa de ensaio, principalmente quando o objetivo é comparar materiais ou avaliar a matéria prima.

Ao se formular misturas de materiais no processamento dos polímeros, cada alteração de materiais ou aditivação nos polímeros causa alteração no índice de fluides. Estudos como o de Costa (2022) indica que comparando dois diferentes tamanhos de partículas para corante, a variação de tamanho de partícula altera o índice de fluides do material. Esse mesmo efeito sobre o índice de fluides foi observado no trabalho de Silveira (2024) e Junaed (2022). A Tabela 2 mostra os índices de fluides médios para as formulações em PEAD.

Tabela 2 - Valores médios para o índice de fluides das formulações em PEAD.

Massa utilizada em kg	Formulação	Média	Desvio	Diferença
2,16	PEAD Virgem	0,087	0,003	-
	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 15%, Plastificante 5%	0,150	0,004	73%
	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 30%, Plastificante 5%	0,194	0,007	124%
	PEAD 70%, PEBDL 10%, Masterbatches 15%, EVA	0,125	0,016	44%



	5%			
	PEAD Virgem	0,247	0,006	-
	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 15%, Plastificante 5%	0,421	0,008	70%
3,8	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 30%, Plastificante 5%	0,529	0,001	114%
	PEAD 70%, PEBDL 10%, Masterbatches 15%, EVA 5%	0,351	0,006	42%
	PEAD Virgem	0,389	0,006	-
	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 15%, Plastificante 5%	0,741	0,007	91%
5	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 30%, Plastificante 5%	0,804	0,008	107%
	PEAD 70%, PEBDL 10%, Masterbatches 15%, EVA 5%	0,564	0,009	45%
	PEAD Virgem	1,872	0,027	-
	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 15%, Plastificante 5%	2,683	0,041	43%
10	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 30%, Plastificante 5%	2,875	0,060	54%
	PEAD 70%, PEBDL 10%, Masterbatches 15%, EVA 5%	2,251	0,011	20%
	PEAD Virgem	10,751	0,506	-
	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 15%, Plastificante 5%	13,046	0,031	21%
21,6	PEAD, PEBDL 15%, Masterbatches 30%, Plastificante 5%	13,699	0,347	27%
	PEAD 70%, PEBDL 10%, Masterbatches 15%, EVA 5%	11,441	0,150	6%

Fonte: Autor, 2025.

Além do valor da carga aplicada alterar o valor do índice de fluidez, altera também a diferença entre o polímero virgem e as formulações com relação a fluidez do material. Os ensaios mostraram que houve um aumento da fluidez do material, mas o quanto aumenta, depende da força aplicada sobre o polímero. A medida que a carga aumenta, diminui a diferença entre o polímero virgem e os formulados. A tabela 3 mostra o índice de fluidez médio para o EVA.

Tabela 3 - Índice de Fluidez médio para o EVA virgem e o formulado.

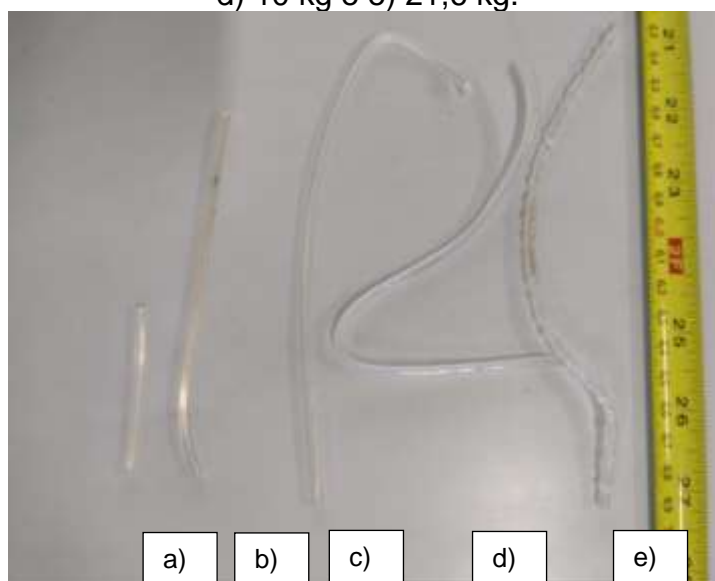
Massa utilizada em kg	Formulação	Média	Desvio	Diferença
2,16	Material Virgem	0,485	0,011	
	EVA + Masterbatches 15%	0,485	0,013	0%
3,8	Material Virgem	1,300	0,021	
	EVA + Masterbatches 15%	1,280	0,004	-2%
5	Material Virgem	2,178	0,084	

10	EVA + Masterbatches 15%	2,021	0,015	-7%
	Material Virgem	7,807	0,098	
21,6	EVA + Masterbatches 15%	7,252	0,231	-7%
	Material Virgem	39,843	2,107	
	EVA + Masterbatches 15%	34,770	1,899	-13%

Fonte: Autor, 2025.

Para o EVA, a medida que a carga do ensaio aumentou, o índice de fluidez diminuiu em relação ao material virgem. Zimmermann (2014) aditivando o EVA com particulados evidenciou que a medida de aumento do número de partículas, diminui o índice de fluidez do material. Além da variação da fluidez, com a carga de 21,6 kg, o filamento de EVA ficou deformado, isto não ocorreu com as formulações de PEAD. A Figura 8 mostra os filamentos de EVA produzidos no plastômetro com a variação de carga.

Figura 8 - Filamentos de EVA virgem, com as massas: a) 2,16 kg, b) 3,8 kg, c) 5 kg, d) 10 kg e e) 21,6 kg.



Fonte: Autor, 2025.

Os resultados obtidos nos ensaios de índice de fluidez, indicam que a adição de aditivos no PEAD e no EVA altera a fluidez do material e eles se comportam de maneiras diferentes. Além da variação da fluidez dos polímeros, determinar o valor do índice de fluidez se torna um desafio, pois a variação de carga no ensaio altera o valor obtido. Se for utilizado o polímero virgem como parâmetro de medição, para o PEAD, a medida que a massa de carga no plastômetro cresce, diminui a diferença entre os valores medidos com aditivos e o material virgem, mas com o EVA, esta diferença cresce.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio de índice de fluidez é uma importante ferramenta para controle de processos de fabricação de peças poliméricas. A importância deste ensaio é vista nos catálogos técnicos dos fabricantes, onde a primeira informação geralmente apresentada é o índice de fluidez, informando a temperatura de ensaio e a carga aplicada.

Os ensaios mostraram que com o aumento da força no ensaio, aumenta também o índice de fluidez, mas não na mesma proporção. A variação de força no ensaio, aplicando-se as massas conforme a norma ASTM D1238-23a ocorre em uma tendência de aumento como uma equação polinomial de 2º ordem, sendo a mesma tendência ocorreu com os materiais virgens ensaiados.

A aditivação com o carvão mineral altera o índice de fluidez dos materiais ensaiados, mas o efeito causado por essa aditivação acaba por ser diferente, entre os materiais. Um dos exemplos disso ocorre para o PEAD virgem, quando se aplica uma carga de 2,16 kg para o ensaio, na formulação com 15% de PEBDL, 30% de Masterbatches e 5% de Plastificante, ocorre um aumento no valor do índice de fluidez em 124% em relação ao PEAD virgem. Mas, se for aplicado uma carga de 21,6 kg, a diferença entre o material virgem e o formulado aumentou em 24%.

Quando se avalia o EVA, o comportamento altera, sendo que com a aplicação dos aditivos ocorre uma diminuição do índice de fluidez, e essa diminuição aumenta com o aumento no ensaio. Para uma força de 2,16 kg, a diminuição se torna imperceptível, mas para uma carga de 21,6 kg, a diferença entre o material virgem e o formulado diminuiu em 13%.

Os resultados dos ensaios demonstram que não é possível fazer uma comparação entre os valores dos ensaios de índice de fluidez, quando se altera a força no ensaio. Uma comparação de resultados somente é possível quando se conhece a temperatura e a massa utilizada no ensaio.

REFERÊNCIAS

ABIPLAST – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. Perfil 2023: a indústria brasileira de transformação e reciclagem de material plástico. São Paulo: ABIPLAST, 2023. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/noticias/perfil->



2023-industria-do-plastico-impulsiona-economia-brasileira-gerando-mais-de-370-mil-empregos/. Acesso em: 01 julho 2025.

ASTM D1238; Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer. American Society For Testing Materials: West Conshohocken, PA, USA, 2023.

BOTELHO, César Alberto Aguiar. Comportamento de barreiras impermeáveis e detecção de vazamento para gestão de risco em bacia de rejeito de mineração. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Segurança de Barragens: Aspectos Técnicos e Legais, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

Costa, C. L. S.: Desenvolvimento de um Filamento de Polietileno com Propriedade Termocrômica para Aplicações Têxteis. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2022.

Erbetta, C. D. C.; Manoe, G. F.; Oliveira, A. P. L. R.; Silva, M. E. S. R.; Freitas, R. F. S.; Sousa, R. G.: "Rheological and Thermal Behavior of High-Density Polyethylene (HDPE) at Different Temperatures," Materials Sciences and Applications, vol. 5, pp. 923 - 931, 2014.

FRANGIPANI, Marcio José Oliveira: Estudo do tensofissuramento em geomembranas de polietileno de alta densidade utilizadas em aterros de resíduos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2018.

Junaed, H.: Effect of the Matrix Melt Flow Index and Fillers on Mechanical Properties of Polypropylene-Based Composites. Materials, Vol 15, N 21. MDPI, 2022.

MIRANDA, Marianna de.: Avaliação do processo difusivo de geomembranas de polietileno de alta densidade (pead). Dissertação de Mestrado. UNESP. 2018. Bauru, SP.

Santos, Maurício César Ferreira.: Aplicação de Pigmento Preto de Carvão Vegetal em polietileno de Baixa Densidade e Influência da Radiação Ionizante. Dissertação de Mestrado. IPEN. 2013. São Paulo, SP.

Santos, Karine Batista dos Santos: Tratamento de Drenagem Ácida de minas por Neutralização/Precipitação – Efeito do PH, Agente Neutralizante e Tratamento Complementar por Biossorção com Microalgas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2020.

Silva, A. J. J.: Análise comparativa da curva de viscosidade e do índice de fluidez de dois grades de polipropileno utilizando reometria capilar. Revista Sítio Novo. v. 4 n. 3, 2020.

Silveira, P. H. P. M, et all: Impact of Different Mineral Reinforcements on HDPE Composites: Effects of Melt Flow Index and Particle Size on Physical and Mechanical Properties. Polymers, Vol. 16, N 1. MDPI, 2024.



TSEHAYE, M. T.; VELIZAROV, S.; VAN DER BRUGGEN, B. Stability of polyethersulfone membranes to oxidative agents: A review. *Polymer Degradation and Stability*, Science Direct, ed. 157, p. 15-33, 12 set. 2018.

Zimmermann, M. V. G.; Turella, T. C.; Santana, R. M. C.; Zattera, A. J.: The influence of wood flour particle size and content on the rheological, physical, mechanical and morphological properties of EVA/wood cellular composites. *Materials and Design*, volume 57. Science Direct, 2014. Pg. 660 – 666.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo financiamento da presente pesquisa, vinculada ao projeto intitulado “Desenvolvimento de uma geomembrana fabricada em PEAD e carvão mineral ativado aplicada em depósitos de rejeitos”, aprovado no Edital de Chamada Pública FAPESC nº 35/2021 – Valorização do Carvão Mineral 2021. Agradecemos também à UniSATC pelo apoio institucional no desenvolvimento deste projeto.