

Reaproveitamento de fibras de poliéster de plataformas offshore descomissionadas por misturas com polietileno pós-consumo

SALIMENA, Layz¹; SILVA, Ana Lucia²; PERTEL, Monica³; ROCHA, Elisson⁴; ALMEIDA, Renan⁵; LIMA, Ruth⁶.

layzsalimena@poli.ufrj.br¹; ananazareth@ima.ufrj.br²; monicapertel@poli.ufrj.br³; elissonbrum@yahoo.com.br⁴; renanhenriques.12@gmail.com⁵; osorio.ruth.b10@poli.ufrj.br⁶.

¹Mestranda em Engenharia Ambiental, Programa de Engenharia Ambiental - PEA, Rio de Janeiro - RJ

²Pós-Doutora em Engenharia Química, Instituto de Macromoléculas - IMA, Rio de Janeiro - RJ

³Doutora em Engenharia Civil, Programa de Engenharia Ambiental - PEA, Rio de Janeiro - RJ

⁴Mestrado em Ciência e Tecnologia de Polímeros, Instituto de Macromoléculas - IMA, Rio de Janeiro - RJ

⁵Doutor em Química, Departamento de Processos Químicos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro - RJ

⁶Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ

Informações do Artigo

Palavras-chave: (3)
 Descomissionamento
 Fibras de poliéster
 Polietileno pós-consumo

Resumo:

O descomissionamento de plataformas offshore do tipo Floating, Production, Sotage and Offloading (FPSO) é um processo que requer amplo conhecimento técnico em uma variedade de empreendimentos técnicos. Os cabos dos sistemas de amarração das plataformas FPSO, confeccionados com fios de poliéster de alta tenacidade, à base de polietileno tereftalato (PET), normalmente vendidos como sucatas, são de alto valor agregado e não devem ser descartados da mesma forma que qualquer outra sucata. A caracterização dos materiais foi realizada por meio de análises térmicas e reológicas e os parâmetros compreendidos no processamento desses materiais foram definidos. As blendas PE/PET foram processadas por fusão em uma extrusora dupla rosca com 5%, 10% e 15% em peso de fibras PET e em condições de processamento estabelecidas com a finalidade de manter o PET na forma de fibra. Após, foi realizada a extrusão em quatro composições diferentes: PE 95%/PE-g-MA 1,5%/PE 5%, PE 95% / PE-g-MA 3,0%/PET 5%, PE 85%/PE-g-MA 1,5%/PET 15% e PE 85%/PE-g-MA 3%/PET 15% (% , m/m). Este trabalho tem como objetivo avaliar o desenvolvimento de novos materiais à base de polietileno pós-consumo e fibras PET de cabos de ancoragem, utilizando um agente compatibilizante para manter a resistência das fibras.

Abstract

The decommissioning of offshore platforms of the Floating, Production, Anchorage and Offloading (FPSO) type is a process that requires extensive technical knowledge in a variety of technical undertakings. The ropes of the mooring systems of the FPSO platforms, made with high tenacity polyester yarns, based on polyethylene terephthalate (PET), normally sold as scrap, have high added value and should not be discarded in the same way as any other scrap. The characterization of the materials was carried out through thermal and rheological analyses and the parameters involved in the processing of these materials were

defined. The PE/PET blends were processed by melting in a twin-screw extruder with 5%, 10% and 15% by weight of PET fibers and under conditional processing conditions in order to

maintain the PET in the fiber form. Afterwards, extrusion was performed in four different compositions: PE 95%/PE-g-MA 1.5%/PE 5%, PE 95%/PE-g-MA 3.0%/PET 5%, PE 85%/PE-g-MA 1.5%/PET 15% and PE 85%/PE-g-MA 3%/PET 15% (% w/w). This work aims to evaluate the development of new materials based on post-consumer polyethylene and PET fibers for anchoring cables, using a compatibilizing agent to maintain the fiber strength.

1. Introdução

O descomissionamento de plataformas *offshore* e poços submarinos é um dos desafios mais importantes enfrentados pela indústria de Petróleo e Gás. Azeredo, A. M; Castro, J.A, definem que:

Este processo é definido como o conjunto de atividades associadas à interrupção definitiva da operação das instalações, ao abandono permanente e arrasamento de poços, à remoção de instalações, à destinação de matérias, resíduos e rejeitos, e à recuperação ambiental. [1]

Resumidamente, o procedimento de descomissionamento consiste em transportar a plataforma para um cais em terra, onde a mesma é desmontada, e as peças retiradas são encaminhadas para futura venda e reutilização. Esse processo demanda uma análise de reaproveitamento de materiais provenientes de desmonte, logística e mobilidade de equipamentos.

Neste contexto, o processo de descomissionamento surge como uma atividade promissora com um grande potencial para a indústria de Petróleo e Gás, principalmente no Estado do Rio de Janeiro, podendo fomentar a economia local, gerar empregos e muitas oportunidades para o mercado.

Sobre os dados estatísticos do descomissionamento de plataformas *offshore*, Souza cita que:

Atualmente, 33% das plataformas brasileiras (40 instalações) estão com mais 25 anos de vida e cerca de 20% entre 15 e 25 anos (24 instalações)

notadamente, no litoral do Estado do Rio de Janeiro, por onde se estendem as Bacias de Campos e Santos. [2]

O setor de óleo e gás enfrenta um grande aumento nos gastos com descomissionamento. O planejamento de investimentos no Brasil é estruturado para crescer progressivamente até 2028 [3].

Com o aumento da demanda, a indústria de óleo e gás está cada vez mais preocupada com os passivos envolvidos no processo. Um processo de descomissionamento deve viabilizar ao máximo a reutilização e reciclagem dos materiais.

Sobre a reutilização dos materiais, Albuquerque et.al, menciona que:

*Por não haver uma solução padrão, é necessário que seja realizada uma série de estudos com a finalidade de verificar se o reaproveitamento da estrutura *offshore* é preferível em detrimento em detrimento da sua extração do local. [4]*

A reciclagem é uma alternativa que prolonga a ciclo de vida dos produtos, porém, a mistura de dois ou mais polímeros pode dar origem a misturas imiscíveis e incompatíveis.

Ressaltando a importância das misturas poliméricas, Francisquetti afirma que:

As misturas poliméricas no campo tecnológico e científico vêm sendo desenvolvidas, diariamente, devido à possibilidade de gerar materiais com propriedades especiais para determinadas aplicações, sem a necessidade de se desenvolver novos processos de polimerização. [5]

No atual cenário de descomissionamento encontram-se os cabos de ancoragem, que são os materiais responsáveis pela fixação das plataformas *offshore* até o leito do mar, garantindo a estabilidade e a segurança nas atividades da indústria petrolífera. Figura 1 ilustra os cabos de ancoragem.

Figura 1 – Cabos de ancoragem



Fonte: O autor, 2024.

As linhas de ancoragem não são biodegradáveis e aquelas feitas de poliéster têm um alto valor agregado [6]. Por isso, precisam ser removidas e encaminhadas para a reciclagem.

Os cabos de ancoragem compõem os sistemas de ancoragem e são constituídos por fibras de poliéster à base de polietileno tereftalato (PET). Esses cabos apresentam como vantagem quando comparados aos cabos tradicionais por serem de melhor manipulação, menos peso e também por serem constituídos de material polimérico, tem comportamento viscoelástico, com características viscosas e elásticas. Esse comportamento é responsável pela propriedade de fluência que estas estruturas podem sofrer dependendo da carga que está submetida e da ação de eventos ambientais, como, por exemplo, ondas, ventos e correntezas.

Quando submetidos a uma carga, esses materiais tendem a se deformar, ocasionando a diminuição da sua vida útil e, conseqüentemente, o aumento da geração de resíduos. Na Figura 2 é possível visualizar as

fibras de PET no interior dos cabos de ancoragem.

Figura 2 – Fibras de PET no interior dos cabos de ancoragem



Fonte: O autor, 2024.

Com o avanço industrial foi possível observar que aumentou a utilização dos recursos naturais, como também a crescente geração de resíduos. Instituída pela Lei N° 6.938 de 31 de agosto de 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) [7], visa equilibrar o desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tem como fator importante o gerenciamento de resíduos sólidos. A PNRS estipula como ordem de prioridade de geração de resíduos: a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a destinação final.

A lei 12.305 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é orientada pelo Decreto 7.404 de 23 de dezembro de 2010 [8]. Tal lei estipula o princípio da responsabilidade compartilhada, onde os geradores são responsáveis pelo ciclo de vida dos seus produtos e os consumidores, pela destinação adequada. Analisando o disposto, nota-se a responsabilidade compartilhada pela preservação do meio ambiente, do ciclo de vida de um produto, bem como, o compromisso pós-consumo do mesmo. No processo de descomissionamento isso envolve os fornecedores dos cabos de ancoragem, bem

como, os proprietários das plataformas *offshore* e seus operadores.

Dessa forma, o descarte dos resíduos gerados no processo de descomissionamento de plataformas *offshore* deve estar em conformidade com o que estipula a legislação. Por isso, é importante a realização de estudos visando à implementação de soluções para o gerenciamento dos resíduos gerados nas diversas operações industriais.

A economia circular surge como uma nova forma de pensar soluções que preservem a competitividade das empresas, com redução de custos de produção e aumento da eficiência, representando uma quebra de paradigmas. A economia em questão é caracterizada por maximizar a eficiência dos recursos naturais, considerando novos tipos de transações comerciais e influenciando na mudança de responsabilidades e lucros. É representada como um modelo focado na criação de valores e crescimento com base na restauração do capital natural e social.

Esse conceito propõe profundas modificações e assume um protagonismo ao contradizer o sistema da Economia Linear [9]. Defende o tratamento de resíduos como um recurso valioso, abrangendo rotinas de coleta, triagem e reciclagem de materiais descartados. Apoia o desenvolvimento de novos produtos para possível reuso e uso de produtos transformando-os em novas matérias-primas ou outros produtos de melhor qualidade.

Um grande desafio técnico-científico no desenvolvimento do projeto é como planejar novas tecnologias de processo através do uso de fibras obtidas diretamente a partir dos cabos de ancoragem, oriundos do descomissionamento, que se encontram no final da sua vida útil.

Normalmente, os cabos de ancoragem, que apresentam um alto valor agregado, geram uma quantidade de material pós consumo bastante elevada, são mantidos sem reaproveitamento dentro das empresas petrolíferas ou vendidos como sucatas para a

confeção de peças artesanais. Portanto, torna-se importante a avaliação do potencial de reutilização das fibras provenientes dos cabos em questão.

No descomissionamento de plataformas *offshore* as fibras de poliéster (PET) provenientes dos cabos de ancoragem apresentam a sua integridade mecânica, tornando possível manterem seu desempenho mecânico na obtenção de novos produtos. E, desde modo, dando uma nova aplicação ao material já descartado, de acordo com o reaproveitamento estipulado pela PNRS.

Mediante ao exposto, o presente trabalho visa avaliar desenvolver novos materiais à base de polietileno (PE) pós-consumo e as fibras de PET, oriundas dos cabos de ancoragem, aplicando o polietileno graftizado com anidrido maleico (PE-g-MA) como agente compatibilizante, juntamente da carga nanoargila montmorilonita (MMT), visando proporcionar uma melhor interação entre as fases e manter a resistência da fibra.

2. Material e Métodos

No presente capítulo serão apresentados os materiais utilizados e os métodos desenvolvidos para a elaboração do presente trabalho.

2.1 Materiais

A matriz polimérica foi um polietileno (PE) pós-consumo, granulado, fornecido por uma recicladora de embalagens plástica chamada Cooperativa Transformando, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Polietileno pós-consumo (PE) de embalagens plásticas



Fonte: O autor, 2024.

Os cabos de amarração da plataforma *offshore*, que contem em sua composição as fibras de poli (tereftalato de etileno) (PET), foram fornecidos por uma indústria petrolífera e desmantelados no Instituto de Macromoléculas (IMA). Na Figura 4 observam-se as etapas do processo de desmantelamento dos cabos de ancoragem.

Figura 4 – Etapas do desmantelamento dos cabos de ancoragem



Fonte: O autor, 2024.

Já a Figura 5 exhibe as fibras de PET provenientes dos cabos de ancoragem prontas para o processamento das misturas.

Figura 5 – Fibras de PET oriundas de cabos de ancoragem prontas para o processamento das misturas



Fonte: O autor, 2024.

O polietileno graftizado com anidrido maleico (PE-g-MA) como agente compatibilizante e a carga nanoargila montmorilonita (MMT) foram gentilmente

disponibilizados pelos técnicos responsáveis pelo laboratório do Instituto de Macromoléculas (IMA), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), local onde foram desenvolvidos os ensaios e processamentos para a elaboração e idealização da trabalho.

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada no laboratório da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

2.2 Métodos

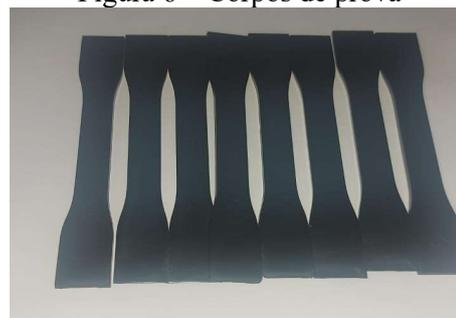
Antes da composição, as fibras de PET e o resíduo de PE foram secos a 60°C durante a noite para remover a umidade.

As misturas à base de PE/PET, com 5%, 10% e 15% em peso de fibras de PET foram processadas usando uma extrusora de dupla rosca corrotacional (TeckTril, DCT-20, diâmetro 20 mm, relação L/D = 36), equipada com um alimentador lateral, onde as fibras foram alimentadas.

O perfil de temperatura foi de 90 (alimentador)/160/165/170/175/180/185/190/195/200°C (matriz). Este perfil de temperatura foi estabelecido com o finalidade de que não houvesse fusão das fibras de PET (temperatura de fusão a 253°C, determinada por análise DSC). As fibras de PET foram alimentadas no alimentador lateral (5ª zona). A velocidade da rosca foi fixada em 300 rpm.

Os corpos de prova, indicados na Figura 6, para as avaliações mecânicas foram preparados em uma máquina de moldagem por injeção Arbourg, modelo 270S.

Figura 6 – Corpos de prova



Fonte: O autor, 2024.

O perfil de temperatura do barril foi ajustado em 160 – 200°C da seção de alimentação ao bica de injeção, pressão de injeção 1600 bar, contrapressão 600 bar, velocidade de injeção de 50 cm³. s⁻¹, tempo de resfriamento 30 s e temperatura do molde 30°C. A zona de compressão (Zona 4), do perfil do parafuso, consistia em cinco elementos de mistura KB45 para garantir a fusão completa da matriz e uma boa dispersão das fibras de PET no polímero fundido.

Para avaliar a adição do agente compatibilizante na mistura de polietileno e as fibras de PET em diferentes concentrações, foi realizado o processamento da mistura na extrusora de dupla rosca corrotacional em quatro diferentes composições: PE 95%/PE-g-MA 1,5%/PET 5%, PE 95% / PE-g-MA 3,0 %/PET 5%, PE 85%/PE-g-MA 1,5 %/PET 15% e PE 85%/PE-g-MA 3%/PET 15% (% m/m), com massa total de 700g.

Em seguida, as misturas passaram por caracterização por meio dos ensaios de tração, análises de fluidez (MFI) e análises termogravimétricas, obtendo como melhor definição a composição PE/PE-g-MA/PET.

2.2.1 Análises mecânicas

Os ensaios de tração foram realizados em máquina universal de ensaios (EMIC, modelo DL3000) seguindo o método padrão ASTM D638 – 2014 (Tipo I). A velocidade da cruzeta foi de 30 mm/min.

2.2.2 Análises de Melt Flow Index (MFI)

As análises de Melt Flow Index (MFI) foram realizadas no analisador de fluxo de fusão modelo LMI 4000, da DYNISCO Instruments, de acordo com ASTM D1238.

Os dados do ensaio foram: massa do ensaio de 5 kg, tempo de corte de 30 segundos, temperatura de fusão de 190°, tempo de fusão de 240 segundos, número de corte de 5 e massa da amostra de 3,0 gramas.

Vale ressaltar que o MFI não é uma propriedade do material. Entretanto, a partir dos dados do MFI, é possível inferir sobre

viscosidade e processabilidade dos materiais processados.

2.2.3 Análises termogravimétricas (TGA)

As medições de análise termogravimétrica (TGA) de todas as composições foram realizadas em um equipamento TA Instruments® TGA, modelo Q500.

As amostras foram aquecidas de 30 a 900°C, na taxa de aquecimento de 10°C, sob atmosfera de N₂. As temperaturas no início da perda de peso (TONSET) e a taxa máxima de degradação (TMAX) foram determinadas.

A morfologia da superfície das blendas foi analisada usando um microscópio Jeol JSM-6510LV (SEM), e um detector de elétrons retroespalhados com uma voltagem de aceleração de 20 kV.

As amostras foram fraturadas com nitrogênio líquido e depois revestidas com ouro.

2.2.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A análise da microscopia eletrônica de varredura foi utilizada com a finalidade de avaliar o comportamento das fibras, que nesse caso são imiscíveis, ou seja, não se misturam entre si quando estão em contato.

3. Resultados e Discursão

Serão expostos os resultados encontrados com base nas análises realizadas, bem como, as discursões sobre os mesmos.

3.1 Resultados para as análises mecânicas

Os ensaios de tração mostraram que, conforme foi aumentando a proporção de fibras nas misturas, o módulo elástico também aumentou, o que demonstrou uma maior rigidez das misturas. Quando adicionado o agente compatibilizante, a mistura com maior concentração de fibras e agente compatibilizantes apresentou o melhor resultado.

A Tabela 1 mostra as propriedades mecânicas das blendas de fibras PE/PET, com diferentes teores de fibras, no ANEXO A.

Os resultados mostram que, à medida que as fibras de PET foram adicionadas, observou-se uma diminuição na propriedade de deformação (tanto no rendimento quanto nos pontos de ruptura), as propriedades mecânicas eram debilitadas, enquanto o módulo de elasticidade aumentou – 13% para 5% em peso; 17% para 10% em peso e 34% para 15% em peso de fibras PET.

A blenda com 15% em peso de fibras de PET, diferentemente das demais composições, apresentou maior tensão na propriedade de ruptura, um aumento geral das suas propriedades mecânicas, sinalizando que esta composição possui comportamento de maior rigidez.

A Tabela 2 apresenta as propriedades mecânicas das blendas de fibras PE/PET, com diferentes teores de fibras, com a adição de agentes compatibilizantes, no ANEXO B.

Já com a adição de agentes compatibilizantes nas composições de 5% e 15%, podemos observar que a mistura com maior concentração de fibra e compatibilizante foi a que apresentou melhores resultados mecânicos.

Suas propriedades de tensão não foram alteradas, enquanto seu módulo de elasticidade aumentou em 7,5%.

No entanto, observamos que a composição PE/PET 15% + 1,5% foi a que apresentou os melhores resultados em relação a sua composição inicial, com o aumento da sua tensão de ruptura em 12% e do seu módulo de elasticidade em 19%.

Os resultados mostraram que a adição de 3% (em massa) de polietileno graftizado com anidrido maleico (PE-g-AM) à composição PE/PET com 15% de fibras, levou a produção de materiais mais rígidos, com menor capacidade de deformação, sinalizando que, nessa composição, um material mais

estruturado, com maior integridade mecânica, tende a ser obtido.

3.2 Resultados para as análises de *Melt Flow Index* (MFI)

Foram analisados os valores de MFI para as composições do PE puro e para as misturas PE/PET, como também, para as composições de PE/PET com a adição de agentes compatibilizantes.

A Tabela 3 exhibe os valores de MFI para o PE puro e para as misturas PE/PET.

Tabela 3 – Valores de MFI para composição de PE/PET

Material	MFI (g/10 min)
PE	1.48±0.10
PE/PET 5%	0.76±0.08
PE/PET 10%	0,52±0.10
PE/PET 15%	0.44±0.08

Fonte: O autor, 2024.

Como esperado, os resultados de *Melt Flow Index* (MFI) mostram que à medida que o teor de fibras de PET aumenta, são produzidas blendas com menor comportamento de fluxo, indicando que a presença de fibras na matriz de PE dificulta o fluxo da cadeia polimérica.

Já a Tabela 4 demonstra os valores de MFI para o PE puro e para as misturas PE/PET com a adição de agentes compatibilizantes.

Tabela 4 – Valores de MFI para composição de PE/PET com a adição de agentes compatibilizantes

Material	MFI (g/10 min)
PE/PET 5% + 1,5%	0.68±0.10
PE/PET 5% + 3%	0.48±0.08
PE/PET 15% + 1,5%	0,44±0.10
PE/PET 5% + 3%	0.48±0.08

Fonte: O autor, 2024.

É possível observar que os efeitos principais de teor de fibras PET e teor de carga nanoargila montmorilonita (MMT) são

inversamente proporcionais (ou seja, possuem sinal negativo na tabela de efeitos) ao MFI. Isso significa que os valores de MFI crescem com a adição do PET (redução em torno de 5,3 g/10 min) e do teor de agentes compatibilizantes (redução em torno de 1,4 g/10 min).

Ocorreu um maior declínio do valor do MFI em relação ao sistema PE/PET quando o polietileno graftizado com anidrido maleico (PE-g-AM) e a nanoargila montmorilonita (MMT) foram adicionadas.

Constata-se, de uma forma geral, que o teor de fibras de PET foi o fator de maior influência no MFI das amostras processadas. Nesse caso, o PET dificulta o fluxo das cadeias poliméricas, aumentando, assim, a viscosidade do compósito.

Deve-se, também, considerar o decréscimo na fluidez do compósito final. Tal comportamento indica que a adição de carga nanoargila montmorilonita (MMT) favorece a interação entre as fibras de PET e a matriz de PEAD-verde, diminuindo, ainda mais, a fluidez do sistema.

A variável velocidade não influenciou significativamente nos resultados de MFI.

Como esperado, os resultados do MFI mostram que à medida que o teor de fibras de PET aumenta, são produzidas blendas com menor comportamento de fluxo, indicando que a presença de fibras na matriz de PE dificulta o fluxo da cadeia polimérica.

3.3 Resultados para as análises termogravimétricas (TGA)

O efeito da adição de fibras PET na estabilidade térmica das misturas foi avaliado por análises termogravimétricas (TGA).

A Tabela 5 mostra as temperaturas TONSET e TMAX, do PE puro e das composições PE/PET.

Tabela 5 – Propriedades térmicas para composições PE/PET

Material	TONSET (°C)	TMAX (°C)
PE	421	452
PE/PET (5%, mm)	417	448
PE/PET (10%, mm)	388	448
PE/PET (15%, mm)	383	439

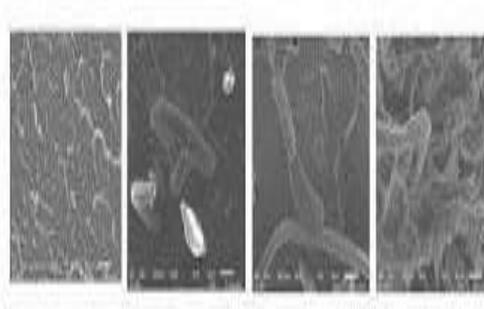
Fonte: O autor, 2024.

Os resultados da TGA mostram que à medida que as fibras de PET foram adicionadas na matriz de PE, foram produzidos materiais com menor estabilidade térmica. Esse comportamento provavelmente se deve ao nível de interação entre as fases PE e PET. É importante destacar que PE e PET são polímeros imiscíveis e, por isso, não há forte interação entre as fases, o que pode ter ocasionado uma diminuição da estabilidade térmica das misturas.

3.4 Resultados para a microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Como também esperado, esse comportamento se deve ao baixo nível de interação entre as fases PE e PET. Esses resultados foram confirmados pela análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) conforme a Figura 7, que mostrou baixa dispersão das fibras na matriz de PE.

Figura 7 – Propriedades mecânicas das blendas de fibra PE/PET



Fonte: O autor, 2024.

Como mencionado anteriormente, a adição de material produzido com fibra PET proporcionou mais rigidez. A análise da

microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostrou baixa dispersão de fibras na matriz.

No entanto, é importante ressaltar que essa pequena interação não afetou a integridade mecânica das blendas finais.

4. Conclusões

O presente trabalho abordou o processo de descomissionamento de plataformas *offshore* que se encontra em expansão nos locais onde estão presentes as atividades petrolíferas que estão no fim de sua vida útil, principalmente, no estado do Rio de Janeiro.

No contexto, surge a preocupação de como tratar os materiais gerados. Sendo que muitos deles apresentam um valor agregado. A reutilização e a reciclagem aparecem como possíveis alternativas. Porém, na mistura de dois ou mais polímeros, algumas propriedades importantes são perdidas, quando mencionamos que poderiam gerar misturas imiscíveis e incompatíveis.

Com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o Princípio da Responsabilidade Compartilhada é estabelecido, dando aos geradores a responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos. Assim, estimulando a reciclagem de materiais.

Após a utilização, os cabos de ancoragem podem se tornar um elevado passivo ambiental. Isto posto, faz-se necessária a viabilização de soluções que possam sanar o devido problema.

As misturas poliméricas ganham importância pela possibilidade de originar novos produtos com propriedades especiais.

Buscou-se um maior conhecimento sobre a correlação entre estrutura, parâmetros de processo e propriedades finais de misturas poliméricas provenientes de resíduos de diferentes setores industriais – embalagem e petrolífero.

Verificou-se qual seria o possível entendimento acerca do potencial de uso das fibras PET provenientes de cabos de

ancoragem para o desenvolvimento de novos produtos com maior valor agregado.

Discorreu-se sobre os componentes mecânicos, reológicos e térmicos de blendas à base de PE, a partir de resíduos de embalagens plásticas pós-consumo e fibras PET de resíduos de plataformas *offshore*, com a utilização polietileno grafitizado com anidrido maleico (PE-g-MA) como agente compatibilizante, juntamente da carga nanoargila montmorilonita (MMT), com a finalidade de proporcionar uma melhor interação entre as fases e manter a resistência da fibra.

A fase PET permaneceu na forma de fibra no fundido.

O ensaio de tração mostrou que, com o aumento da proporção de fibras na mistura, o módulo elástico acompanhou o aumento.

Com o aumento da adição de fibras de PET, diminuiu a propriedade de deformação. Os melhores resultados mecânicos foram apresentados pela mistura com maior concentração de fibras e de agentes compatibilizantes.

Por meio da análise do Melt Flow Index (MFI), observou-se que manter fibras de PET influenciou o sistema, ocasionando o aumento da viscosidade.

Para os resultados das análises termogravimétricas (TGA), temos que, conforme as fibras de PET foram incluídas na matriz de PE, menor estabilidade térmica foram apresentadas nos materiais produzidos. Tais resultados foram comprovados pela análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Embora os polímeros sejam imiscíveis, os resultados foram bastante favoráveis, uma vez que materiais com maior rigidez foram obtidas com a adição de um agente compatibilizante tradicional (PE-g-MA), no teor de 3% (m,m) na composição com 15% de fibras PET.

Através dos resultados encontrados, foi possível concluir que as misturas à base de

PE/PET são promissoras na produção de novos materiais, e que, adicionando o agente compatibilizante polietileno graftizado com anidrido maleico (PE-g-MA) e a carga nanoargila montmorilonita (MMT), ocorreu um aumento de interação entre as fases PE/PET, principalmente na composição que apresentou maior teor de fibra e menor teor de agente compatibilizante.

Vale ressaltar que essa adição possibilitou a melhora das propriedades mecânicas e o aumento entre da interação entre as fases PE e PET.

5. Referências

- [1] AZEREDO, A. M; CASTRO, J.A. *Apresentação de uma metodologia inovadora para os pull out's das tubulações no descomissionamento de uma plataforma de petróleo*. Belo Horizonte: FUMEC, 2022. Disponível em: [Microsoft Word - TCC ATILA MARQUES AZEREDO .docx \(fumec.br\)](#). Acesso em: 28 set. 2024.
- [2] FONSECA, J. G. M; FARINHA, J. V. G. *Estudo dos processos de desmantelamento de navios e plataformas offshore*. Rio de Janeiro: UFF, 2023. Disponível em: [Metadados do item: Estudo dos processos de desmantelamento de navios e plataformas offshore \(ibict.br\)](#). Acesso em: 01 out. 2024.
- [3] FGV ENERGIA. *Descomissionamento Offshore no Brasil: Perspectivas e alternativas para um futuro sustentável*. Cadernos, 2024. Disponível em: [caderno descomissionamento offshore final.pdf \(fgv.br\)](#). Acesso em: 02 out. 2024.
- [4] ALBUQUERQUE et.al. *Fazendas de Geração Eólica Offshore: Uma Alternativa para o Descomissionamento de Petróleo na Bacia de Campos*. São José dos Campos, 2020. Disponível em: [SPGCST009.pdf \(inpe.br\)](#). Acesso em: 01 out. 2024.
- [5] FRANCISQUETTI, E. L. *Obtenção e Propriedades de misturas poliméricas a partir de POE/EVA/PVC. Estudo dos processos de desmantelamento de navios e plataformas offshore*. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2012. Disponível em: Tese final Edson Luiz Francisquetti (ufrgs.br). Acesso em: 01 out. 2024.
- [6] SUDAIA, et.al. *Sustainable recycling of mooring ropes from decommissioned offshore platforms*. Marine Pollution Bulletin. Vol. 135, p. 357-360, 2018. Disponível em: [Sustainable recycling of mooring ropes from decommissioned offshore platforms - ScienceDirect](#). Acesso em: 01 out. 2024.
- [7] BRASIL. Presidência da República. *Política Nacional do Meio Ambiente*. Disponível em: [L6938 \(planalto.gov.br\)](#). Acesso em: 01 out. 2024.
- [8] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: [Política Nacional de Resíduos Sólidos \(mma.gov.br\)](#). Acesso em: 01 out. 2024.
- [9] ABDALLA, F. A; SAMPAIO, A. C. F. *Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular*. Entorno Geográfico, No 1.5, 2018. Disponível em: [Os-novos-principios-e-conceitos-inovadores-da-Economia-Circular.pdf \(researchgate.net\)](#). Acesso em: 01 out. 2024.

6 Anexos e Apêndices

ANEXO A

Tabela 1 – Propriedades mecânicas das blendas de fibras PE/PET

Material	Tensão na Ruptura (Pa)	Deformação na ruptura (%)	Tensão no escoamento (Pa)	Deformação no escoamento (%)	Módulo Elástico (Pa)
PE Puro	$13^{6.9} \pm 0.7^{6.6}$	71 \pm 3	$20^{6.9} \pm 0.5^{6.6}$	13,3 \pm 4	$594^{6.6} \pm 42^{6.6}$
PE/PET (5%)	$10^{6.6} \pm 1^{6.6}$	36 \pm 3	$20^{6.9} \pm 0.3^{6.6}$	12,6 \pm 0,5	$674^{6.6} \pm 34^{6.6}$
PE/PET (10%)	$11^{6.2} \pm 1^{6.2}$	30 \pm 4	$19^{6.6} \pm 0.2^{6.6}$	11,8 \pm 0,5	$695^{6.6} \pm 23^{6.6}$
PE/PET (15%)	$15^{6.2} \pm 1^{6.5}$	21 \pm 3	$19^{6.8} \pm 0.4^{6.6}$	11,3 \pm 0,3	$795^{6.6} \pm 28^{6.6}$

Fonte: O Autor, 2024.

ANEXO B

Tabela 1 – Propriedades mecânicas das blendas de fibras PE/PET com adição de agentes compatibilizantes

Material	Tensão na Ruptura (Pa)	Deformação na ruptura (%)	Tensão no escoamento (Pa)	Deformação no escoamento (%)	Módulo Elástico (Pa)
PE/PET 5% + 1,5%	9,59	36,53	20,73	12,81	681
PE/PET 5% + 3%	9,2	30,6	20,7	12,8	703
PE/PET 15% + 1,5%	13,72	19,96	20	13,4	825
PE/PET 15% + 3%	15,1	19,1	20,2	11,1	855

Fonte: O Autor, 2024.