



XXVI CREEM

Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica

ILHÉUS/ITABUNA - BAHIA



XXVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica,
CREEM 2019
19 a 23 de agosto de 2019, Ilhéus, BA, Brasil

ANÁLISE DO MATERIAL ASA VISANDO APLICAÇÕES EM POTENCIAL

Darlean Santos Oliveira, darlean.oliveira@gmail.com¹
Erickson Fabiano Moura Sousa Silva, efmssilva@uesc.br¹
Werviles Douglas Brito Santos, werviles@gmail.com¹
Suzane de Brito Silva, suzanebritos@gmail.com¹
Kevin Sacramento Vivas Neres, kevinsacramento@gmail.com¹
Midian Luz Silva, midiluz@gmail.com¹
Pedro Silva Buente, pedrobuente@gmail.com¹

¹Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rod. Jorge Amado, Km16 – Salobrinho, Ilhéus – BA.

Resumo: Os avanços da ciência possibilitam um novo caminho para confecção de produtos e equipamentos. Com novos materiais sendo desenvolvidos, e com o aprimoramento dos já existentes; um exemplo disso são os polímeros, que apresentam cada vez mais, além de sua constituição natural, diversas variações que são tituladas de polímeros sintéticos. No entanto, análises das propriedades destes devem ser realizadas a fim de verificar suas aplicações e a eficácia de seu uso. Sendo a Tribologia uma das áreas de estudo que podem originar estas verificações, a fim de garantir a confiabilidade e durabilidade destes novos compósitos em suas aplicações. Onde através da análise de atrito, desgaste e lubrificação; possibilita averiguar o comportamento do material em determinadas situações, além de promover em equipamentos que os utilizam, as manutenções no tempo certo, assegurando benefícios financeiros e a não ocorrência de falhas. Assim neste trabalho, foi feito testes com corpos de prova, produzidos em uma impressora 3D, com o termoplástico sintético ASA (acrilonitrila estireno acrilato), que posteriormente foram fixados ao tribômetro onde através do ensaio “Reciprocating”, foi obtido os valores de coeficiente de atrito e deslocamento no eixo Z, possibilitando averiguar suas características quando submetido ao atrito, ocasionado pela aplicação de uma carga de força normal, durante o movimento. Aspectos importantes na caracterização do comportamento desse material nestas condições e a viabilidade deste em alguns usos futuros.

Palavra chave: Tribologia. Termoplásticos. Coeficiente de atrito. Tribômetro. Desgaste.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da ciência e suas tecnologias, torna-se possível que novos materiais e métodos, sejam desenvolvidos a partir de outros já existentes. Como é o caso dos polímeros que existem em sua forma natural, mas que devido aos inúmeros progressos podem ser desenvolvidos de forma sintética, com características singulares. Um modelo disto são os termoplásticos, que são polímeros artificiais que não possuem ligações cruzadas entre as ligações poliméricas e são capazes de variar seu estado físico de forma reversível em decorrência da temperatura – amolecida com o aumento de temperatura e endurecida pela sua redução – por um número elevado, porém finito de vezes (BRASKEM, 2002).

Devido as suas diversas variações e aplicações esta espécie pode ser ramificada em outras, que remetem tanto ao seu uso quanto a utilização de algum aditivo para melhoramento de propriedades. O ASA (acrilonitrila estireno acrilato), por exemplo, é um material polímero amorfo, da categoria de termoplásticos. Que pode ser produzido pelo enxerto do elastômero de éster acrílico – responsável por conceder excelente resistência às intempéries (principalmente ao ar livre) ao material – ou pela reação de todos os três monômeros (MCKEEN, 2010).

Ele tem estrutura similar ao ABS (acritonitrila butadieno estireno), tendo como principal diferença seus respectivos elastômeros - butadieno (ABS) e acrilato (ASA) - sendo esta particularidade de considerável importância, uma vez que confere ao ASA boa resistência a raios UV e um melhoramento de algumas características (McKeen, 2010), como tenacidade, estabilidade dimensional e térmica, aderência, robustez mecânica e resistência à água; onde tal conjunto lhe credencia como ideal para uso em revestimentos externos, maquinários e produtos de uso ao ar livre, garantindo bom acabamento e durabilidade (XIANG; YIN; ZHANG, 2017).

Estas propriedades do material são definidas através de experimentos e pesquisas, realizados por diversos campos de estudo, sendo a Tribologia um destes. Este ramo científico é responsável por averiguar o comportamento de um dado elemento quando submetido à aplicação de forças. Assim quando ocorre o contato entre as superfícies este caracteriza desde o atrito até o desgaste, e o uso de lubrificantes. Possibilitando análise operacional de problemas relacionados à confiabilidade, manutenção e deterioração; desde um corpo de prova até equipamentos técnicos, que vão de naves

especiais a eletrodomésticos, proporcionando a especificação de materiais e a execução de manutenções que iram garantir tanto a redução de custos, quanto a prevenção de colapsos, incidentes e percas. Uma das grandezas a ser mensurada nessas análises é o coeficiente de atrito (COF) que irá indicar quanta resistência, às superfícies iram apresentar em relação ao movimento de fricção entre elas, sendo então calculado pela relação entre a força de atrito e a carga normal (HUTCHINGS; SHIPWAY, 2017).

Com base nesse estudo tribológico é possível caracterizar alguns parâmetros dos materiais, sendo que neste artigo foi analisado o terpolímero ASA, onde foi utilizada uma impressora 3D para confecção das amostras. Que posteriormente foram submetidas ao tribômetro, onde deste foi obtidos dados experimentais capazes de quantificar a reação do material quanto à força de atrito, e caracteriza-lo quanto ao desgaste. Informações estas que auxiliam na empregabilidade ou não deste material em determinado uso, evitando que produtos proveniente deste tenham um desgaste excessivo, e consequentemente a ocorrência de falhas. Além de propiciarem de forma preliminar análises a respeito de usos futuros para este compósito.

2. METODOLOGIA

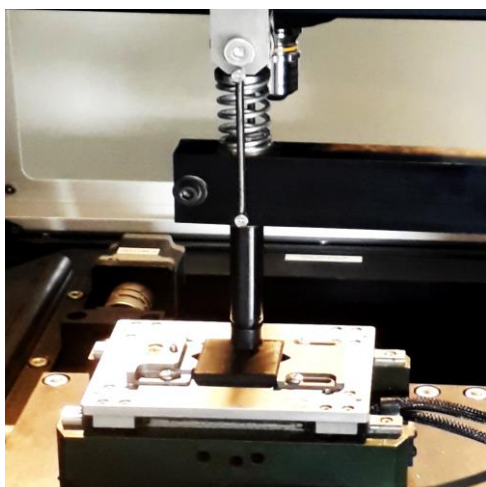
Com o desenvolvimento de novos materiais surge a necessidade de testa-los, de forma que suas características possam ser retificadas ou ratificadas. Proporcionando que os estudos possam avançar e novos produtos ou aditivos possam ser produzidos e usados. Assim, no intuito de investigar as propriedades do material ASA quando submetido ao atrito foi realizado o experimento deste documento.

Com esse propósito foi impresso três corpos de prova de dimensões 38 x 38 mm, e espessura 5 mm. Onde estes foram modelados no software SolidWorks da Dessault Systems[®]. Após essa etapa são adicionados à área de trabalho do Simplefy 3D[®], onde esse software fatia os objetos 3D em camadas e define parâmetros, repassando a informação à impressora, para que se inicie a impressão. Assim com a finalidade de garantir uma boa impressão do ASA a temperatura de extrusão foi ajustada em 250 °C e a velocidade de impressão em 30 mm/s. O infil teve preenchimento total e as orientações das camadas tiveram ângulos alternados, dando ao ensaio uma maior confiabilidade das propriedades do material.

Depois de impressas as amostras foram posicionadas e fixadas no tribômetro da Rtec[®] onde os testes foram devidamente programados no computador que está diretamente conectado ao aparelho, em um modelo de ensaio Ball-on-Flat Sliding (Reciprocating), onde uma esfera de aço fixada a um pino (que se matem fixo em relação ao eixo horizontal) exerce sobre o plano da amostra uma carga normal, de forma colinear com eixo de simetria da esfera (BOZZI; MELLO, 2006), onde o desgaste é provocado pelo movimento da bancada onde foi fixado o flat do ASA (uma vez que essa se movimenta na direção do eixo X para trás e para frente), com carga, frequência e curso pré-determinados e constantes. Sendo este teste realizado sem lubrificação.

O próprio sistema fornece os valores de coeficiente de atrito e deslocamento em Z ponto a ponto durante o processo. Foram realizados testes com cargas de três magnitudes diferentes 10N, 20N e 30N, com duração de 30 min em cada. Onde todas as amostras sofreram aplicação de cada carga em um ponto definido e distinto para cada força.

Figura 1. Fotos do experimento. (a) Flat do ASA fixado ao tribômetro. (b) Uma das três amostras após o término do ensaio (Próprio autor, 2019)



(a)

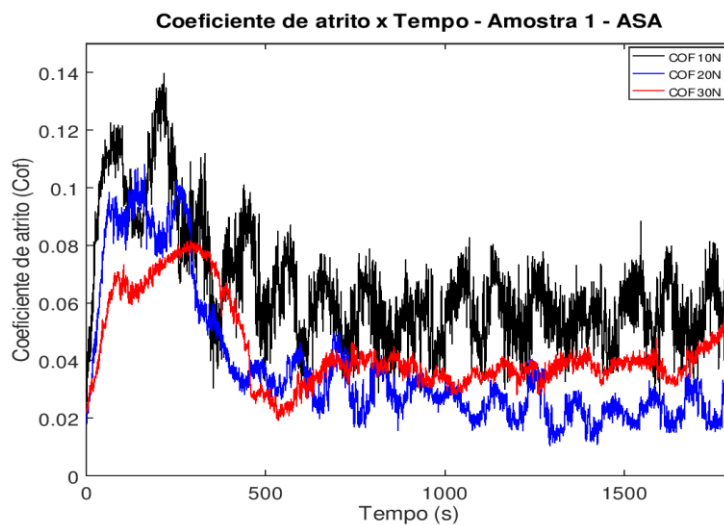


(b)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

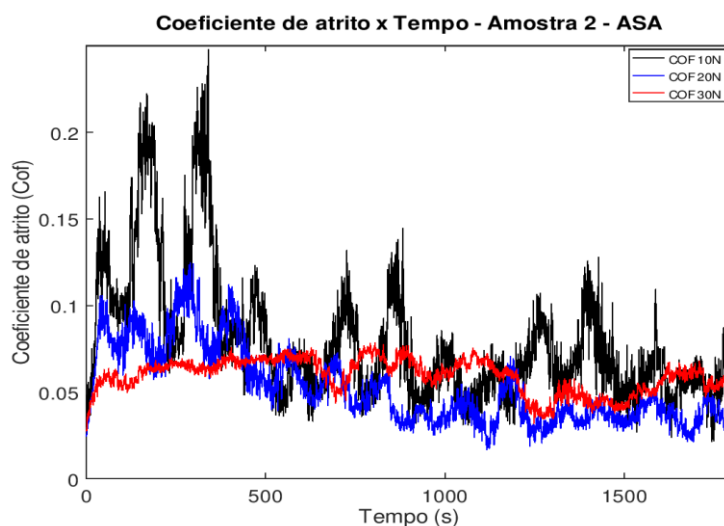
Após a execução dos ensaios foram tomados os dados que serão apresentados nesta seção do estudo, para um entendimento quantitativo e qualitativo quanto ao termoplástico ASA. Os experimentos fornecem valores de coeficiente de atrito (COF) e deslocamento vertical (Z) em vários pontos durante o contato entre as superfícies da amostra e da esfera, sendo tomados pontos em instantes diferentes do teste e de forma constante. Tornando possível confecção dos gráficos que são apresentados a seguir. Onde os valores de COF e Z – valor médio do deslocamento para cada carga – são relacionados com o tempo, proporcionando uma análise do material em cada etapa do ensaio.

Figura 2. Gráfico com os valores de coeficiente de atrito (COF), relacionados com o tempo, obtidos após os testes realizados com a Amostra 1, para o material ASA (Próprio autor, 2019).



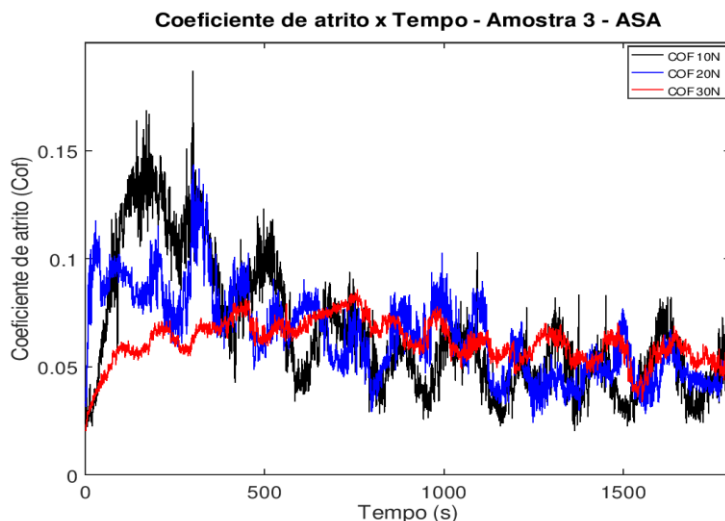
A Fig.2 apresenta os dados obtidos para COF através do software do tribômetro, para a amostra 1, após os testes com as três cargas. Onde se percebe uma grande flutuação nos valores de COF durante todo o experimento, principalmente no início do teste. Esta variação se deve a inúmeros fatores sendo alguns deles desgaste, quebra de óxidos, fenômenos associados à remoção de detritos, além das vibrações que são transmitidas provenientes de partes móveis do equipamento ou do ambiente (PANTALEÓN; TANAKA; BERNARDES, 2012). É perceptível que no primeiro terço do teste o range de variação é de 0,01 até 0,15, e após essa etapa inicial ocorre certa estabilização e se mantém em um intervalo entre 0,01 até 0,09. Caracterizando uma aderência do material para com a esfera durante a aplicação da força.

Figura 3. Gráfico com os valores de coeficiente de atrito (COF), relacionados com o tempo, obtidos após os testes realizados com a Amostra 2, para o material ASA (Próprio autor, 2019)



A Fig. 3 apresenta o gráfico para os valores aferidos no ensaio da amostra 2. Dados esses que apresentam certas diferenças de valores, porém algumas nítidas semelhanças, com o ensaio anterior. Demonstrando determinado padrão quanto ao comportamento do material. Destaca-se o fato da carga de 10N possuir a maior variação e os maiores valores para COF novamente e também uma menor variação na curva para 30N (que tem comportamento bem estável, com um intervalo pequeno de flutuação). Na parte inicial o valor de COF para 10N varia entre 0,02 e 0,25; enquanto que 20N e 30N variam no intervalo de 0,02 a 0,13. Após esse período inicial os dados se aproximam, ficando entre 0,01 e 0,14.

Figura 4. Gráfico com os valores de coeficiente de atrito (COF), relacionados com o tempo, obtidos após os testes realizados com a Amostra 3, para o material ASA (Próprio autor, 2019)



A Fig.4 expõe o gráfico com os dados para a amostra 3, onde se mantém o padrão dos outros corpos de prova, com uma alta oscilação nos valores da etapa inicial e uma maior consistência de resultados para 30N (baixa flutuação de valores). As oscilações iniciais ficam entre 0,02 e 0,18, e nos outros dois terço do ensaio entre 0,02 e 0,12.

Após análise de todos os gráficos – Fig.2, Fig.3 e Fig.4 - onde é relacionado o coeficiente de atrito (COF) para cada carga normal - 10N, 20N, 30N - com o tempo de ensaio, é possível verificar que o comportamento em cada amostra se assemelha. Onde se notam picos na amplitude de oscilação, no primeiro um terço dos ensaios (0 s a 600 s) ocorrendo à concentração dos maiores valores de COF nesta etapa. Tal fenômeno pode estar associado – além dos motivos já supracitados - ao fato de ser o período de estabilização do ensaio, onde o pino fixo ao atritar com a superfície do flat em movimento, começa a romper a superfície externa do material, devido ao desgaste predominantemente adesivo que ocorre pela fricção gerada no ensaio “Reciprocating” para este material. Após esse período inicial, os valores de COF diminuem, acompanhando uma redução na amplitude de variação dos valores, assim começam a convergir em um range menor e mais próximo entre si nos dois terços finais do teste, em relação ao início do processo.

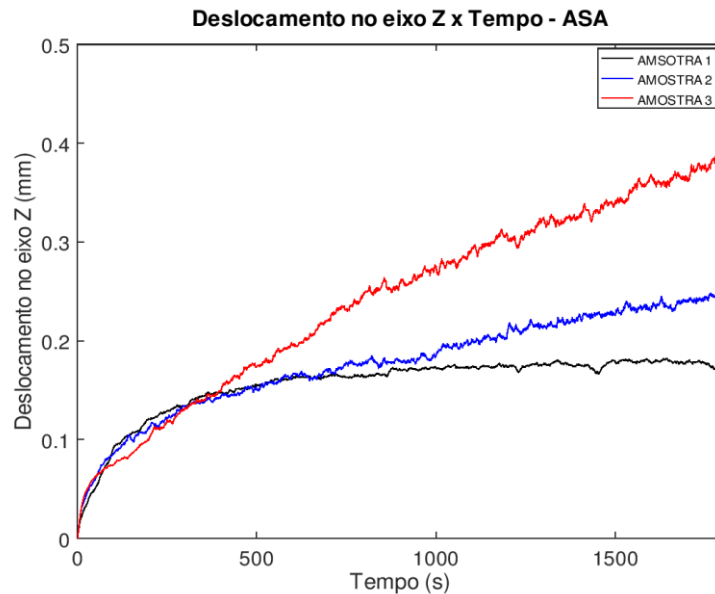
Tabela 1. Amplitude de variação dos valores de coeficiente de atrito (COF) para cada carga normal, obtidos após os testes dos corpos de provas de material ASA (Próprio autor, 2019)

Amostras	Variação dos valores de COF para cada carregamento normal		
	Mínimo	Máximo	Variação
10N	0,0213	0,2478	0,2265
20N	0,0104	0,1434	0,1330
30N	0,0191	0,0856	0,0665

Pelo modelo gráfico das figuras apresentadas - Fig.2, Fig.3 e Fig.4 - além dos dados da Tab.1 é evidenciado que cada carga opera com uma amplitude de variação de COF diferente e que esta vai reduzindo com o aumento da força incidida, destacando se o fato que com 30N é onde se encontra a maior linearidade de valores em relação aos ensaios

com as outras cargas. Também é perceptível que mesmo com algumas diferenças entre os testes de uma amostra em relação à outra - que podem estar relacionados à variação na camada de impressão ou erros associados ao teste - observa-se um comportamento relativamente próximo do material ASA com a mesma aplicação de carga. Além da perceptível aderência do material, evidenciada pela redução da oscilação dos valores nas etapas finais dos ensaios.

Figura 5. Gráfico com os valores de deslocamento médio no eixo vertical (Z), relacionados com o tempo, obtidos após os testes realizados com cada amostra, para o material ASA (Próprio autor, 2019).



A verificação do gráfico da Fig.5, que apresenta os valores médios de deslocamento no eixo vertical (Z) para 10N, 20N e 30N; relacionados com o tempo, mostra uma proximidade de valores no primeiro terço do ensaio (0 s a 600 s), onde é perceptível que as curvas se encontram em pontos em comum, justamente na etapa de ensaio que se tem as maiores variações de COF. Entretanto, no restante do ensaio observa-se um esperado distanciamento entre as curvas, onde é evidenciada a diferença produzida ao aplicar cada carga (10N, 20N e 30N) em pontos distintos durante os testes nas amostras.

Relacionando os gráficos anteriores com o da Fig.5, torna-se nítido a relação entre COF e Z; para este experimento. Por exemplo, a carga de 10N que possui os maiores valores de COF, portanto maior resistência ao atrito possui a curva de deslocamento em Z com os menores valores, indicando um menor desgaste (vale ressaltar, que o desgaste não está relacionado apenas com perda de massa, principalmente em casos como esse de desgaste predominantemente adesivo) e a carga de 30N com menores valores de COF (menor resistência ao atrito) e a menor variação, apresenta a curva com os maiores valores para deslocamento no eixo Z.

Quantitativamente temos que em todas as aplicações de carga o deslocamento mínimo é zero, sendo a superfície externa sem desgaste a representação desta marca. Entretanto com o decorrer do teste são observados variados valores de máximo deslocamento em Z para cada carga, chegando a 0,1822 mm com 10N; 0,2506 mm com 20N e 0,3903 com 30N. Mostrando que nos dois terço finais do teste o deslocamento no eixo vertical cresce de forma que os maiores valores de Z estão associados às maiores cargas.

Com os dados dos gráficos apresentados aqui, é possível encontrar a tendência do fenômeno que acontece com o corpo de prova durante a experimentação e promover algumas análises matemáticas com alta confiabilidade, uma vez que são obtidos valores em variados instantes do processo, um exemplo é cálculo do valor médio do coeficiente de atrito.

Além dos resultados já supracitados de COF, o programa do tribômetro também fornece o deslocamento vertical que a esfera sofre ao ir desgastando o material da superfície da amostra, em virtude do atrito submetido pela aplicação da carga normal. Esses valores também são tomados em diversos momentos do ensaio e de forma constante, possibilitando achar um valor médio para cada teste realizado. Essas médias tanto de COF quanto de Z são apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 2. Valores médios de coeficiente de atrito (COF) e deslocamento no eixo vertical (Z), obtidos após os testes dos corpos de provas de material ASA (Próprio autor, 2019)

Amostras	Valores médios de COF para cada carregamento normal			Valores médios de Z para cada carregamento normal (mm)		
	10N	20N	30N	10N	20N	30N
Amostra 1	0,0653	0,0379	0,0437	0,1026	0,0981	0,2159
Amostra 2	0,0788	0,0524	0,0593	0,1832	0,1445	0,2937
Amostra 3	0,0658	0,0643	0,0615	0,1825	0,2893	0,2147
Média	0,0700	0,0515	0,0548	0,1561	0,1773	0,2414

Os valores da Tab.2 indicam um maior coeficiente de atrito médio para 10N, e certa proximidade entre os COF das cargas de 20N e 30N. Mostrando uma resistência ao atrito maior quando sujeito a menor carga e certa uniformidade quando propenso a ação de cargas um pouco maiores. Vale salientar que os valores obtidos ficaram dentro do intervalo esperado (entre 0 e 1) para os termoplásticos.

Já os valores para deslocamento no eixo Z observam-se maiores desgastes com o aumento da carga aplicada. Aonde de 10N para 20N o aumento chegou a quase 14%, e em relação à 30N a 55%; e entre 20N e 30N o crescimento foi de 36%; de elevação do deslocamento em Z.

Esses dados não indicam apenas uma perda de massa do material, que de fato ocorre com o atrito, mas também outros fenômenos. Uma vez que os termoplásticos têm como uma de suas características o desgaste adesivo e a alteração de propriedades físicas com aumento de temperatura. E que como ao friccionar as superfícies temos certa elevação de temperatura pode ter ocorrido uma variação da rigidez do material e uma parte deste pode ter sido realocado para as laterais, produzindo uma fenda que propicia ao crescimento do deslocamento em Z.

Após os testes e suas respectivas análises apresentados nesta seção, ficam evidenciados algumas características do ASA. Além da caracterização de seu comportamento quando submetido ao atrito e desgaste. Demonstrando tanto os pontos negativos deste material quanto seu potencial para aplicações futuras, devido as suas significativas singularidades.

3. CONCLUSÃO

Com o advento das impressoras 3D, e com a sua crescente disseminação; alguns materiais vão ganhando espaço cada vez mais na confecção de produtos, sendo os termoplásticos um exemplo disso. Estando cada vez mais presente no cotidiano das pessoas em manufaturados impressos, além de em outra imensa gama de produtos, que veem em seus atributos interessantes possibilidades. O ASA (acrilonitrila estireno acrilato) objeto de estudo desse trabalho, se enquadra nesse segmento.

Assim, em busca de averiguar suas características, foi submetido aos testes aqui apresentados. Onde teve notável comportamento quando submetido à força de atrito, e quanto ao desgaste. Apresentando valores de COF próximos, e relativamente muito baixo. Indicando uma baixa resistência ao cisalhamento, que agregado as suas características, podem preliminarmente indicar uma possível viabilidade quanto ao seu uso como um lubrificante sólido, sendo assim uma opção para seu uso no futuro.

Além disso, pode ser observado através da impressão das amostras que este confere um bom acabamento as peças, que somados a sua relativa estabilidade nos testes – observado nos valores de deslocamento em Z – a temperatura ambiente, além de boa estabilidade química – resistência a intempéries - e resistência a raios UV, lhe proporciona uma vasta gama de utilidades, principalmente no uso em revestimentos externos de maquinários e produtos de uso ao ar livre.

Portanto fica evidenciado, que mesmo com algumas propriedades inferiores, o ASA tem suas particularidades positivas que podem o credenciar em aplicações significativas e interessantes. Demonstrando ser um material de um considerável potencial.

3. AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Santa Cruz pela infraestrutura de laboratórios disponibilizada para realização desta pesquisa. Ao grupo de pesquisa LAPMET pela colaboração multidisciplinar para realização de treinamentos em equipamentos associados à manufatura aditiva. E a 3D Prime[®] pela doação dos filamentos.

4. REFERÊNCIAS

- BOZZI, Antônio C.; MELLO, José D. B. de. Avaliação tribológica de materiais ferrosos sinterizados oxidados a vapor. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, Uberlândia, MG, v. 18, n. 1-2, p.03-14, jan. 2006.
- BRASKEM. **GLOSSÁRIO DE TERMOS APLICADOS A POLÍMEROS**. 08. ed. [s.i.], 2002. 9 p.
- HUTCHINGS, Ian; SHIPWAY, Philip. **Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials**. 2. ed. Cambridge: Elsevier, 2017.
- MCKEEN, Laurance W.. Styrenic Plastics. In: MCKEEN, Laurance W.. **Fatigue and Tribological Properties of Plastics and Elastomers**. 2. ed. Burlington: Elsevier, 2010. Cap. 4. p. 51-71.
- PANTALEÓN, E.m.; TANAKA, D. K.; BERNARDES, F.g.. ANALISE DAS VARIAÇÕES DO COEFICIENTE DE ATRITO E AS CORRELAÇÕES COM OS MECANISMOS DE DESGASTE. **Holos**, [s.i.], v. 1, n. 28, p.62-72, mar. 2012.
- XIANG, Bo; YIN, Xiuping; ZHANG, Jun. A novel cool material: ASA (acrylonitrile-styrene-acrylate) matrix composites with solar reflective inorganic particles. **Composites Science And Technology**, [s.i.], v. 145, p.149-156, jun. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compscitech.2017.04.007>.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.