

MANUFATURA ADITIVA: COMPARATIVO DE RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ROSCAS FABRICADAS POR FDM EM PLA E ABS

Thiago Menezes do Prado, thiago_menezes20@hotmail.com

Daniel Fernandes da Cunha, danielcunha@ufg.br

Rhander Viana, rhander@unb.br

Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, nº 2121, Santa Mônica, Uberlândia – Minas Gerais, Brasil.

Universidade Federal de Goiás, Av. Esperança s/n, Câmpus Samabaia – Prédio Reitoria. CEP: 74.690-900 Goiânia, Goiás Brasil

Universidade de Brasília, Área Especial de Industria e Projeção A Setor Leste, Gama. CEP: 72.444-240 Brasília Distrito Federal, Brasil.

Resumo: O trabalho objetiva-se a estudar a resistência mecânica à tração dos filetes internos em corpos de prova fabricados em PLA e ABS a partir de manufatura aditiva por FDM: Fused Deposition Modelling. Foram fabricados corpos de prova com dimensões 30 x 30 x 20 mm em PLA e ABS com uma impressora 3D modelo Ender 3 V2. Os furos passantes dos corpos de prova possuem medidas M12 x 1,75. Os parâmetros variados na pesquisa foram: preenchimentos (p), quantidade de paredes (w) e altura das camadas (h), para possibilitar o entendimento de como é afetado a resistência mecânica do material. O PLA, apesar de possuir uma resistência da matéria prima, menor do que o ABS, resultou em maiores valores de resistência mecânica em todas as condições ensaiadas.

Palavras-chave: Manufatura aditiva. PLA e ABS. Resistência mecânica. Filetes de rosca Polímeros

Abstract: The objective of this work is to study the mechanical tensile strength of the internal threads in specimens manufactured in PLA and ABS from additive manufacturing by FDM: Fused Deposition Modeling. Test specimens measuring 30 x 30 x 20 mm were manufactured in PLA and ABS with a 3D printer model Ender 3 V2. The through hole of the test specimens has measurements M12 x 1.75. The varied parameters in the research were: fillings (p), number of walls (w) and height of the layers (h), to enable the understanding of how the mechanical resistance of the material is affected. PLA, despite having a lower resistance of the raw material than ABS, resulted in higher values of mechanical resistance in all tested conditions.

Keywords: Additive manufacturing. PLA and ABS. Mechanical resistance. Thread fillets Polymers.

1. INTRODUÇÃO

O trabalho dessa pesquisa trata-se em comparar 2 materiais com características distintas em termos de resistência mecânica. O estudo baseia-se em analisar as condições de resistência dos filetes de rosca dos corpos de prova fabricados, e depois definir qual condição de deposição obteve melhor resultado, para então, ser feito a comparação entre os 2 materiais.

A tecnologia utilizada na fabricação dos corpos de prova é denominada FDM (modelagem por deposição de material fundido) (Santos, 2018), especificamente nesse trabalho utilizaremos o polímero ácido láctico, comercialmente conhecido como PLA, PDLA ou PLAA (Chacón, 2017). Um polímero sintético termoplástico que vem substituindo os plásticos convencionais em diversas aplicações. Ele é feito com ácido láctico (composto orgânico de função mista – ácido carboxílico e álcool) a partir de fontes renováveis como milho, mandioca, beterraba e, por isso, é biodegradável, compostável, reciclável e não possui nenhum tipo de resíduo tóxico, sendo fácil de imprimir. Outro material utilizado é o Acrilonitrila Butadieno Estireno, comercialmente conhecido como ABS. Os autores (Khan e Kumar, 2020) definem como sendo um polímero amorfo produzido através de polimerização por emulsão ou massa do acrilonitrilo e estireno na presença de polibutadieno. As propriedades mais importantes do ABS são a resistência ao impacto e a rigidez.

Os dispositivos de Prototipagem Rápida mais comuns e difundidos pelo mundo são os que utilizam a tecnologia Modelagem por Deposição de Material Fundido, conhecida pela sigla em inglês FDM (Lovo e Fortulan, 2016). O processo tipicamente se inicia pela extrusão de filamentos de material, a partir de um cabeçote extrusor, sobre uma plataforma de

construção, formando a primeira camada do componente em fabricação. Após esse processo a plataforma é rebaixada na medida da espessura de camada da peça, então é depositada uma nova camada de material que se une com a anterior recém depositada. O procedimento se repete até o fim da construção do produto (Bikas, Stavropoulos e Chyssolouris, 2015).

Já existem estudos que evidenciam a resistência mecânica dos dois tipos de materiais (Harshitha e Srinivasa, 2019) em elementos roscados, onde foi feito a análise computacional da resistência mecânica dos filetes de rosca do parafuso. Serão realizados testes de tração com corpos de prova que possuem filetes de rosca, fabricados pelos dois materiais citados anteriormente (PLA e ABS), como mostra a fig. 1.

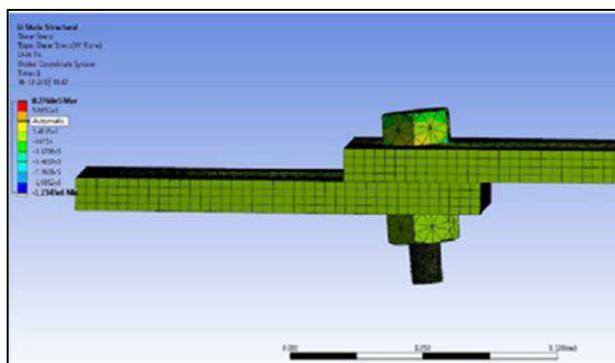


Figura 1. Teste de tensão de cisalhamento elaborado no software ANSYS

Outros trabalhos também contemplam a resistência mecânica dos materiais aqui estudados, além de possibilitarem uma combinação de filamento híbrido entre eles. Os resultados do teste de tensão de Dinesh et al. 2019, definem a dominância do material PLA no quesito resistência à tensão máxima (maximum load), carga de ruptura (breaking load), e carga na tensão (load at strain). O polímero PLA se mostrou efetivo tanto em sua composição única, como no mix de composições das peças utilizadas nos ensaios. Portanto o material de maior resistência para o ensaio de tensão foi o de 20% ABS e 80% PLA, sobressaindo dos demais em todos os quesitos avaliados, como mostra a figura 2.

SPECIMEN LABEL	MAXIMUM LOAD (KN)	BREAKING LOAD (KN)	LOAD AT STRAIN (8%) (KN)
ABS	0.68	0.42	0.42
PLA	1.03	0.96	0.73
20% ABS, 80% PLA	1.18	1.07	0.83
50%50% SANDWICH	0.71	0.53	0.57
80% ABS, 20% PLA	0.65	0.44	0.43

Figura 2. Resultados dos testes de tensão

2. METODOLOGIA

Para a fabricação dos corpos de prova foi utilizado uma impressora 3D do fabricante Creality, modelo Ender 3 V2 com extrusora hotend MK8 Rosca M6 (6mm). A mesma possui especificações técnicas e dimensões que atendem a impressão dos corpos de provas performados nos ensaios. O layout da impressora ilustrado na fig. 3, esta desposta a seguir.

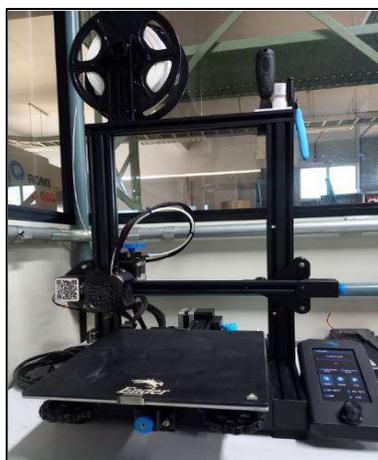


Figura 3. Impressora Creality Ender 3V2

Os corpos de prova em bloco de PLA e ABS foram fabricados com dimensões de 30 x 30 x 20 mm, conforme Figura 4. Essas dimensões foram definidas pois englobavam no entendimento do autor que 20 mm de altura nos corpos de prova continham filetes suficientes para serem ensaiados e suportarem as cargas de tração. As larguras foram definidas pelo entendimento de que era necessário algum espaço entre as paredes do filete e as paredes externas para poder ser avaliado a influência do preenchimento nos ensaios de tração. Além do que já foi citado como justificativa para seleção do tamanho dos corpos de prova, essas foram dimensões em que o tempo de fabricação eram intermediários e possível a confecção em tempo de realizar a qualificação deste trabalho.



Figura 4. Blocos com filetes de rosca (ABS)

A figura acima demonstra os corpos de prova feitos em ABS com diferentes parâmetros de fabricação, onde “h” refere-se à altura da camada de deposição, “w” quantidade de camadas, e “P(%)” como percentual de preenchimento de cada peça. Todos os corpos de prova foram fabricados com folga de 0,2 mm relacionada ao ajuste de rosqueamento e todos feitos com velocidade de deslocamento do bico injetor de 50mm/s.

O estudo de caso tem como objetivo comparar a resistência mecânica dos filetes de rosca dos materiais PLA e ABS para utilização em elementos de fixação e descobrir qual material é mais viável para produção de peças que necessite de uma boa resistência à tração, em termos de resistência, custo e tempo de fabricação.

O ensaio de tração será realizado através de uma máquina de ensaios universal modelo UHF 600kN do fabricante Shimadzu que tem a capacidade de tração máxima de 600 kN, ilustrado na Figura 5 abaixo.



Figura 5. Máquina de ensaio de tração modelo UHF 600kNX Shimadzu

A máquina aplicará uma tensão gradual em kN com a finalidade de romper a peça localizada na parte central, que é tencionada por um extensor ligado ao parafuso enroscado no filete do bloco, demonstrado na Figura 6 abaixo. Um bloco

também fabricado por manufatura aditiva em PetG será utilizado para suporte do corpo de prova na máquina de ensaios. O parafuso, após passar pelo suporte de PetG, será roscado ao corpo de prova e o conjunto, posicionado na máquina para ensaio.



Figura 6. Parafuso soldado ao extensor para teste de tração

Para a realização da comparação entre os materiais, foram utilizados quarenta e oito corpos de prova, sendo vinte e quatro de ABS e vinte e quatro de PLA. Para cada condição de parâmetros, foram feitos três corpos de prova iguais para realizar a análise estatística dos valores médios. A análise estatística servirá para avaliar o quão significativo é o efeito de cada resultado. A caracterização é estipulada conforme a fig. 7 abaixo:

Peças para Testes (PLA e ABS)	
Peça 1	→ h = 10 / P = 15% / w = 2
Peça 2	→ h = 10 / P = 55% / w = 2
Peça 3	→ h = 10 / P = 15% / w = 6
Peça 4	→ h = 10 / P = 55% / w = 6
Peça 5	→ h = 20 / P = 15% / w = 2
Peça 6	→ h = 20 / P = 55% / w = 2
Peça 7	→ h = 20 / P = 15% / w = 6
Peça 8	→ h = 20 / P = 55% / w = 6

Legenda:
h = altura da camada da peça
P = preenchimento da peça em %
w = quantidade de paredes da peça

Figura 7. Peças para Testes (PLA e ABS)

3. RESULTADOS

Para efeito comparativo da influência dos parâmetros, foram elaborados gráficos através dos resultados dos ensaios de tração. Logo, foram evidenciados resultados dos testes de tração de ambos materiais, verificando-se a força máxima de tração na peça antes do seu rompimento (seja da rosca interna, seja no corpo de prova).

O primeiro gráfico (fig. 8) apresenta a condição de ensaio com altura da camada (h) de 0,1mm, espessura da parede de 2mm e preenchimento de 15% do espaço interno. O segundo gráfico (fig. 9) apresenta o mesmo ensaio, porém com o corpo de prova com preenchimento de 55%.

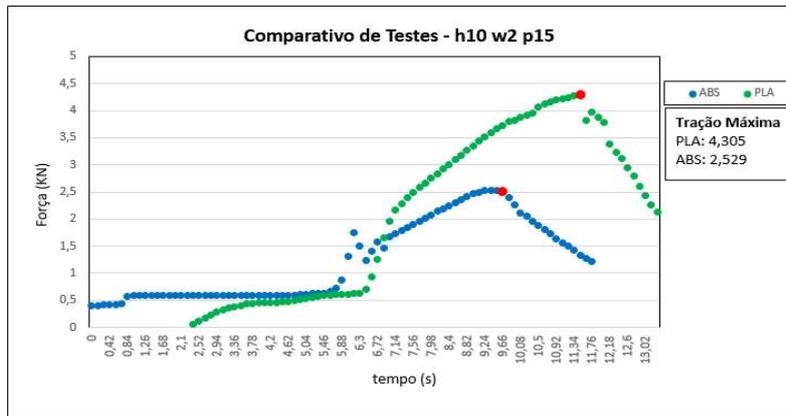


Figura 8. Comparativo de testes (h10 w2 p15%)

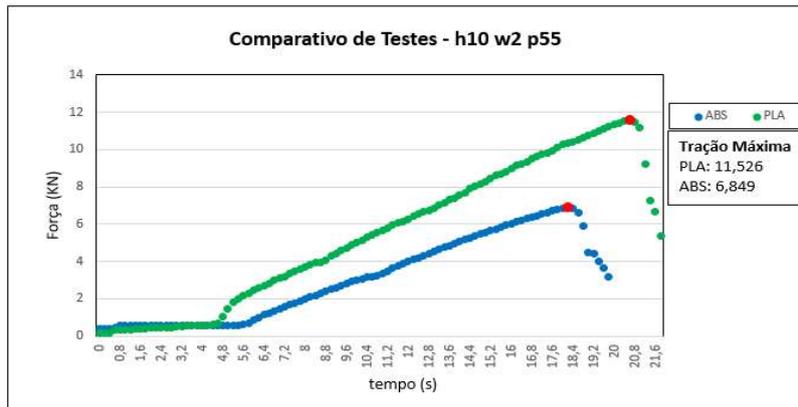


Figura 9. Comparativo de testes (h10 w2 p55%)

Como previsto, o teste apresentado na fig. 9 obteve uma resistência a tração máxima superior resultado apontado na fig.8. O fato comprova melhor resistência devido ao maior percentual de preenchimento (%). Os resultados explanados na fig.10 e fig.11, repete as condições dos ensaios citados anteriormente, porém, com quantidade de paredes igual a 6.

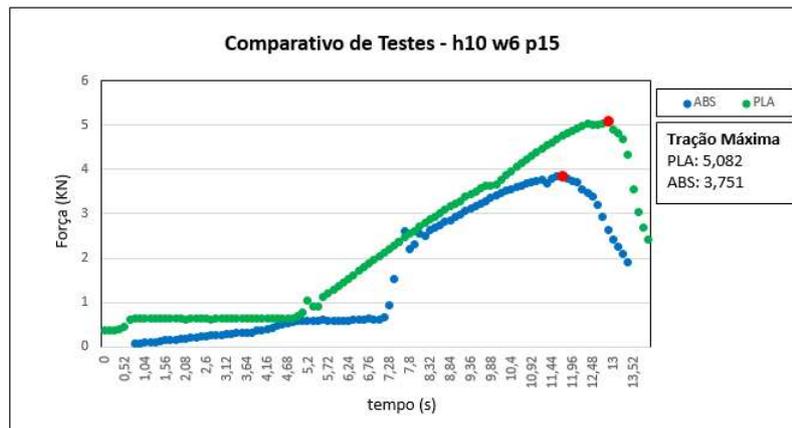


Figura 10. Comparativo de Testes (h10 w6 p15%)

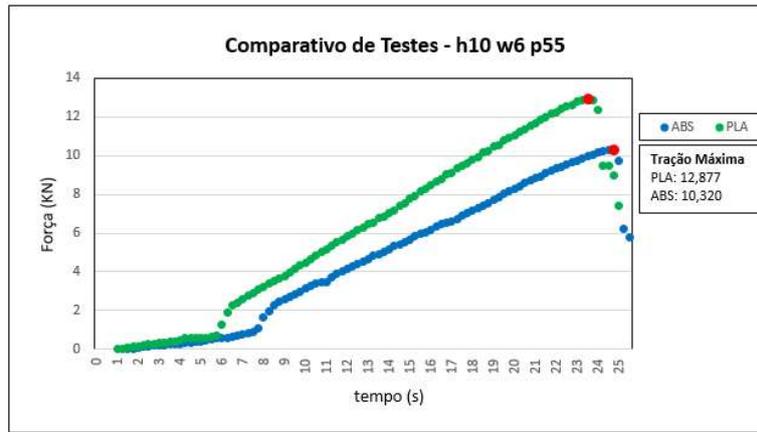


Figura 11. Comparativo de Testes (h10 w6 p55%)

Ambos resultados acima (fig. 10 e fig.11) comprovam que além do preenchimento (%), a quantidade de paredes (w) nas camadas, também conferiam para uma melhor resistência mecânica a tração. Uma vez que com maior quantidade de paredes em uma mesma altura de camadas, a peça torna-se mais compacta associada a um preenchimento com maior percentual. Os Gráficos 5, 6, 7 e 8 (fig. 12, 13 e 14) fazem os mesmos ensaios anteriores, porém com espessura de camada de 0,2mm.

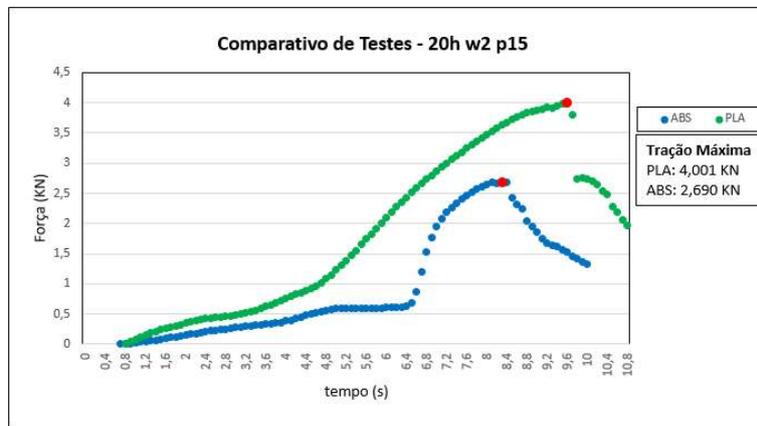


Figura 12. Comparativo de Testes (h20 w2 p15%)

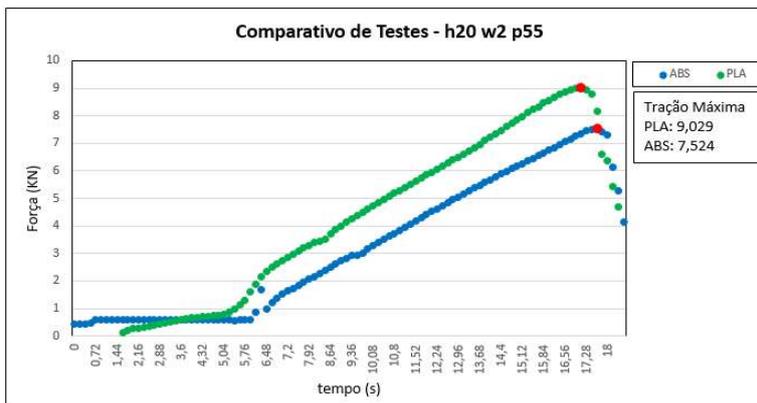


Figura 13. Comparativo de Testes (h20 w2 p55%)

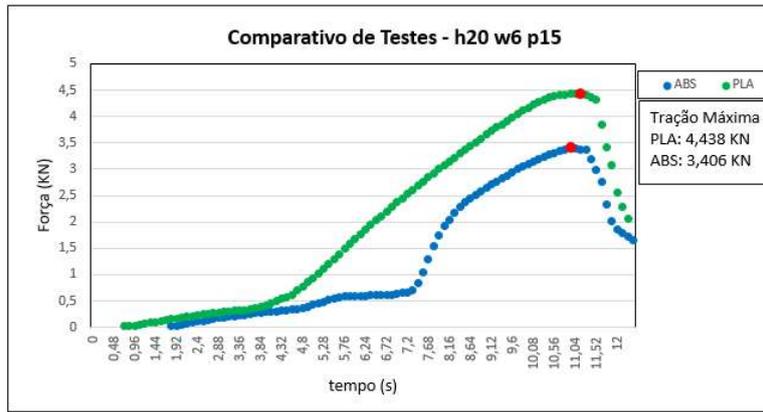


Figura 14. Comparativo de Testes (h20 w6 p15%)

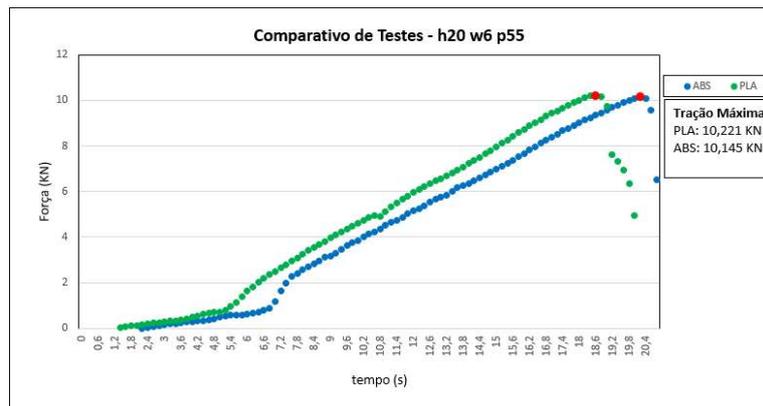


Figura 15. Comparativo de testes (h20 w6 p55%)

Nesses testes observa-se que a altura da camada (h), não interfere diretamente ao quesito resistência do material para tração. Analisando assim, O que acontece é que o determinante para a altura da camada da peça é o fluxo de material, ou seja, a quantidade de filamento que é projetado sobre o bloco aquecedor e que passa pelo bico, interferindo em nossos estudos apenas para qualidade de acabamento dos corpos de prova, que não interferem efetivamente em tal pesquisa.

Para efeito de análise, os gráficos (fig.8-15) possibilitam observar que em todos os testes realizados, as peças do material PLA sobressai em relação as peças de ABS no quesito de resistência à tração aplicada. Resultados semelhantes foram encontrados por Denish et. Al 2019.

Os resultados apresentados por Harshitha e Srinivasa 2019, na fig. 8 mostram os ensaios realizados e analisados através do software ANSYS, o qual define valores de deformação mecânica total, tensão de cisalhamento e estresse equivalente comprovando que a análise do projeto que o material ABS é mais fraco que o material PLA. A tensão equivalente para ABS é de 3,6 MPa, enquanto para PLA é de 3,87 MPa, respectivamente.

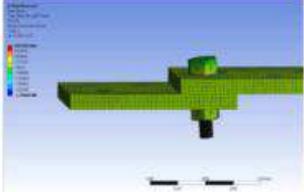
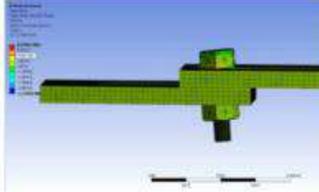
Parameters	ABS	PLA
Total deformation	270 N	300 N
Shear stress	3.69 MPa	4.1 MPa
Equivalent stress	3.6 MPa	3.87 MPa
ANSYS result		

Figura 16. Tabela de análise dos resultados

Nota-se que os parâmetros com maior preenchimento retornam também uma maior resistência à tração. É possível aferir dos gráficos também que quanto menor a altura da camada, maior a resistência mecânica do corpo de prova. Uma análise estatística se faz necessária para comprovar os parâmetros influentes na resistência mecânica de peças roscadas fabricadas pelo método de manufatura aditiva em FDM.

4. CONCLUSÕES

- Os corpos de prova ensaiados em PLA obtiveram resistências mecânicas maiores que os fabricados em ABS suportando maiores cargas de tração máxima.
- Amostras com maior preenchimento possuem maior condições de manter a parte roscada do corpo de prova à estrutura da peça.
- Amostras com menor altura de camada possuem maiores resistências à tração.
- A metodologia desenvolvida foi adequada para verificação das influências dos parâmetros na resistência mecânica à tração de elementos roscados.

5. REFERÊNCIAS

BIKAS, H.; STAVROPOULOS, P.; CHYSSOLOURIS, G. **Additive manufacturing methods and modelling approaches: a critical review**. In: Int. J. Adv. Manuf. Technol. Atenas, Grécia, v. 83, p. 389-405, Jul. 2015. DOI 10.1007/s00170-015-7576-2.

DINESH S.K.; ARUN PRAKASH S., SENTHIL KUMAR K.L., MEGALINGAM A. **Study on flexural and tensile behavior of PLA, ABS and PLA-ABS materials**, Materials Today: Proceedings, 2020

CHACÓN, J. M.; et al. **Fabricação aditiva de estruturas de PLA usando modelagem de deposição fundida: efeito dos parâmetros do processo nas propriedades mecânicas e sua seleção ideal**. Materiais e Design. Elsevier Ltda., 2017.

KHAN Imtiyaz; KUMAR Neeraj. **Influência dos parâmetros do processo de modelagem de deposição fundida nas propriedades mecânicas do ABS: Uma revisão**. Materiais Hoje: Procedimentos, Elsevier Ltda., 2020.

LOVO, J. F. P.; FORTULAN C. A. **Estudo de propriedades mecânicas e anisotropia em peças fabricadas por manufatura aditiva tipo FDM**. 1º Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, São Carlos (SP), setembro de 2016.

SANTOS, Luana Machado; et al. **Tipos de Polímeros Utilizados como Matéria Prima no Método de Manufatura Aditiva por FDM: Uma Abordagem Conceitual**. XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Maceió (AL), 2018.

V. HARSHITHA e S. SRINIVASA Rao, **Projeto e análise de parafuso e porca padrão ISO em impressora 3D FDM usando materiais PLA e ABS**, Materials Today: Proceedings, 2019.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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