

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO EM PEÇAS DE ABS FEITAS POR MANUFATURA ADITIVA COM DIFERENTES PÂRAMETROS DE PROCESSO

Anderson de Carvalho Fernandes, anderson.c.fernandes@edu.sc.senai.br¹

Bruna Zappelino, bruna.zappelino@edu.sc.senai.br¹

Jonathan Tomé da Silva, jonathan.tome@hotmail.com¹

Matheus Cordeiro Ochner, matheuscordeiroochner@gmail.com¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI Joinville, Rua Arno Waldemar Döhler, 957 – Santo Antônio - 89219-510, Joinville

Resumo. A manufatura aditiva consiste em um processo mecânico no qual diversas camadas de material são progressivamente sobrepostas uma à outra com o objetivo de formar um objeto, geralmente tendo como base um modelo digital. Dentre as tecnologias de manufatura aditiva que vêm sendo amplamente difundidas destaca-se a tecnologia de Modelagem por Fusão e Deposição (Fused Deposition Modeling - FDM), a qual consiste na fabricação de produtos por deposição de material continuamente formando a geometria do produto, onde o material tem forma de fio, chamado de filamento. Diante disto, o objetivo deste trabalho é estudar a propriedade mecânica de tração em peças feitas através da tecnologia de FDM alterando alguns parâmetros de processo, sendo eles o preenchimento (infill) e o perímetro (shell). Com isso, foram fabricadas 9 combinações com 3 réplicas totalizando 27 corpos de prova de ABS, onde foram usados 3 valores diferentes de cada parâmetro: preenchimento de 10%, 30% e 50% e perímetro de 2, 3 e 4 paredes. Após a realização dos ensaios de tração e análise dos resultados, constatou-se que as peças com preenchimento de 50% e 4 perímetros obtiveram os maiores valores de tensão de escoamento e módulo de elasticidade.

Palavras chave: manufatura aditiva, FDM, preenchimento (infill), perímetro (shell), parâmetros de processo

Abstract. Additive manufacturing is a mechanical process in which several layers of material are progressively superimposed on each other to form an object, usually based on a digital model. Among the additive manufacturing technologies that have been widely disseminated, the Fused Deposition Modeling - FDM technology stands out, which consists in the manufacture of products by deposition of material continuously forming the geometry of the product, where the material has the shape of a wire, called of filament. In view of this, the objective of this work is to study the mechanical property of traction in parts made using FDM technology by changing some process parameters, namely the infill and the shell. As a result, 9 combinations with 3 replicas were manufactured, totaling 27 ABS specimens, where 3 different values of each parameter were used: filling of 10%, 30% and 50% and perimeter of 2, 3 and 4 walls. After carrying out the tensile tests and analyzing the results, it was found that the pieces with 50% filling and 4 perimeters obtained the highest values of yield stress and modulus of elasticity.

Keywords: additive manufacture, FDM, infill, shell, process parameter

1. INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva (MA) vem ganhando um espaço dentro os processos de fabricação atual, em relação a versatilidade de produtos que podem ser fabricados neste processo, ao tempo de processamento e a possibilidade de aplicação em diversas áreas.

A MA é um processo de fabricação que tem como objetivo a fabricação de peças por adição de material, camada por camada, onde a partir de um modelo CAD 3D é gerado as coordenadas para a deposição do material. Dentre as tecnologias de MA tem-se a Modelagem por Fusão e Deposição (Fused Deposition Modeling - FDM), conforme Figura 1.

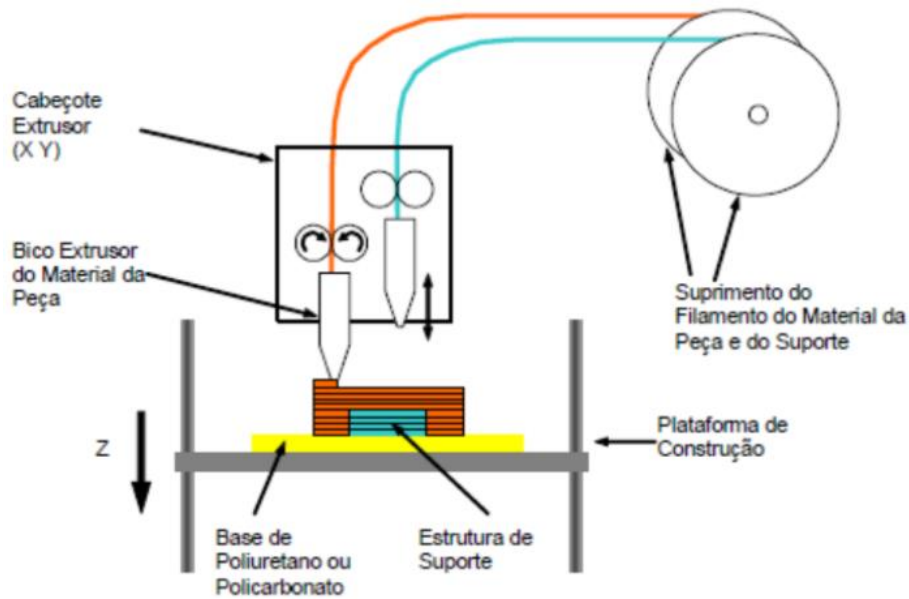


Figura 1 - Representação da tecnologia FDM
Fonte: VOLPATO et al (2007)

Os parâmetros de processo são importantes pois tem influencia diretamente na peça a ser fabricada, podendo influenciar no acabamento, tempo e resistência da peça. Dentre os vários parâmetros, a Figura 2 exemplifica os parâmetros: perímetro e preenchimento.

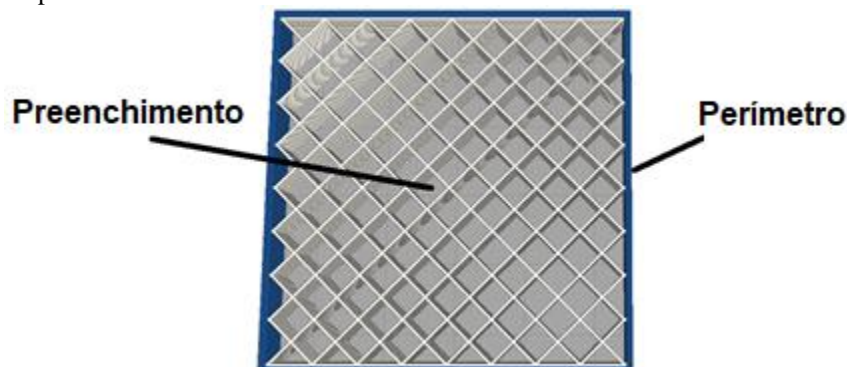


Figura 2 - Perímetro e preenchimento
Fonte: Os autores (2022)

O perímetro é o contorno da peça resultando na espessura da parede, quanto mais perímetros, maior será a espessura da parede da peça a ser fabricada. O preenchimento é o espaço que fica entre os perímetros, com isso, o preenchimento pode ser de 0% (oco) até 100% (maciço).

O ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) é um dos polímeros mais utilizados na MA devido suas propriedades mecânicas, por serem flexíveis e resistentes. As peças fabricadas com este material podem ser lixadas, coladas e pintados oferecendo um ótimo acabamento final do objeto (SALINAS, 2014). O segundo material mais utilizado na tecnologia FDM é o PLA (Ácido Polilático). Este material é da família dos poliésteres alifáticos e derivado do amido do milho (ABREU, 2015). É bastante utilizado devido ao seu apelo sustentável e também devido a este ser mais simples de ser trabalhado em comparação ao ABS, pois não sofre contrações devido a gradientes de temperatura.

Analisando o atual cenário onde a manufatura aditiva vem ganhando espaço em diversos setores, o presente trabalho tem como objetivo o estudo da resistência a tração em peças de ABS fabricadas por manufatura aditiva alterando os valores dos parâmetros de perímetro (2, 3 e 4) e preenchimento (10%, 30% e 50%).

2. METODOLOGIA

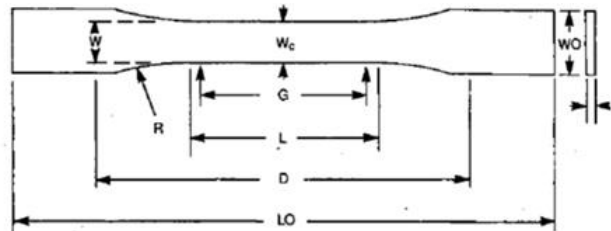
O material utilizado para fabricação das peças foi o ABS, pelo processo de FDM onde foram fabricados 27 corpos de prova (CP), onde os parâmetros alterados foram o perímetro e o preenchimento, com 3 valores para cada parâmetro. Foi gerado 9 combinações diferentes, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados na confecção dos corpos de prova

Corpo de prova	Perímetro	Preenchimento
1	2	10
2	2	30
3	2	50
4	3	10
5	3	30
6	3	50
7	4	10
8	4	30
9	4	50

Fonte: Os autores (2022)

O produto escolhido para a realização deste trabalho foi um corpo de prova tipo V conforme a norma ASTM (Sociedade Americana para Testes e Materiais) D638 (Figura 3), que tem como objetivo normatizar o método de ensaio padrão das propriedades de tração de plásticos.



Dimensões (ver desenhos)	7 [0,28] ou menor		Acima de 7 até 14 [0,28 a 0,55], incl		4 [0,16] ou menor		Tolerâncias
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV ^B	Tipo V ^{C,D}		
W—Largura da seção estreita ^{E,F}	13 [0,50]	6 [0,25]	19 [0,75]	6 [0,25]	3,18 [0,125]		±0,5 [±0,02] ^{B,C}
L—Comprimento da seção estreita	57 [2,25]	57 [2,25]	57 [2,25]	33 [1,30]	9,53 [0,375]		±0,5 [±0,02] ^C
WO—Largura total, min ^G	19 [0,75]	19 [0,75]	29 [1,13]	19 [0,75]	...		+ 6,4 [+ 0,25]
WO—Largura total, min ^G	...	...	...	...	9,53 [0,375]		+ 3,18 [+ 0,125]
LO—Comprimento total, min ^H	165 [6,5]	183 [7,2]	246 [9,7]	115 [4,5]	63,5 [2,5]		sem máx [sem máx]
G—Comprimento de medição ^I	50 [2,00]	50 [2,00]	50 [2,00]	...	7,62 [0,300]		±0,25 [±0,010] ^C
G—Comprimento de medição ^I	...	...	...	25 [1,00]	...		±0,13 [±0,005]
D—Distância entre pegadores	115 [4,5]	135 [5,3]	115 [4,5]	65 [2,5] ^J	25,4 [1,0]		±5 [±0,2]
R—Raio do filete	76 [3,00]	76 [3,00]	76 [3,00]	14 [0,56]	12,7 [0,5]		±1 [±0,04] ^C
RO—Raio externo (Tipo IV)	...	...	...	25 [1,00]	...		±1 [±0,04]

Figura 3 - Dimensões do corpo prova tipo V
Fonte: ASTM D638 (2004)

Os corpos de provas foram fabricados todos de uma única vez, de acordo com as combinações apresentadas na Tabela 1. A Figura 4 mostra uma visualização da programação da fabricação dos CPs por manufatura aditiva, podendo observar a parede internas das peças, em relação ao preenchimento e perímetro, conforme combinação apresentada na Tabela 1.

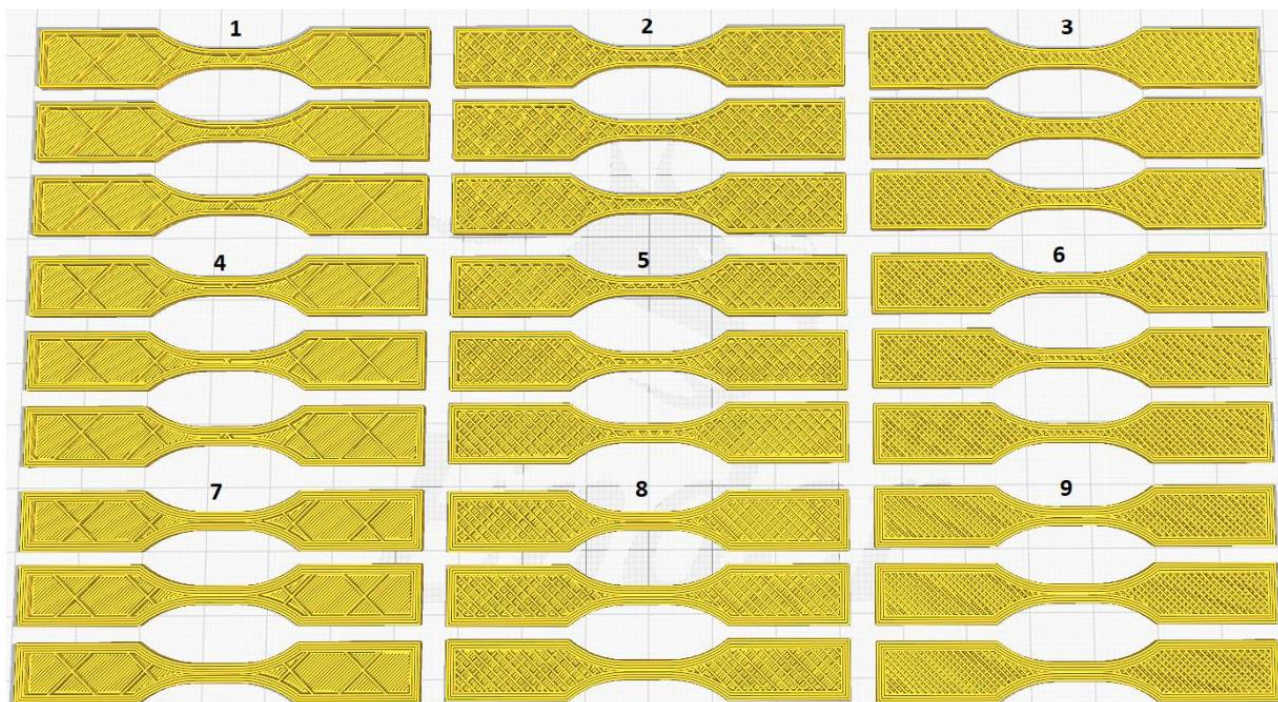


Figura 4 – Programação dos corpos de provas por manufatura aditiva. (1) CP1, (2) CP2, (3) CP3, (4) CP4, (5) CP5, (6) CP6, (7) CP7, (8) CP8 e (9) CP9
Fonte: Os autores (2022)

O ensaio de tração foi realizado com a utilização de uma máquina universal modelo Instron 3366, com velocidade de 10mm/min a uma temperatura ambiente de 23°C, conforme sugerido por norma (ASTM D638). Equipamento disponibilizado no laboratório de ensaios mecânicos da Faculdade SENAI de Joinville.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Após o ensaio de tração, foram analisados os valores gerados para poder entender a combinação dos parâmetros de processos de manufatura aditiva. Os valores de tensão de escoamento, obtidos no software do equipamento de tração, são apresentados na Figura 5.

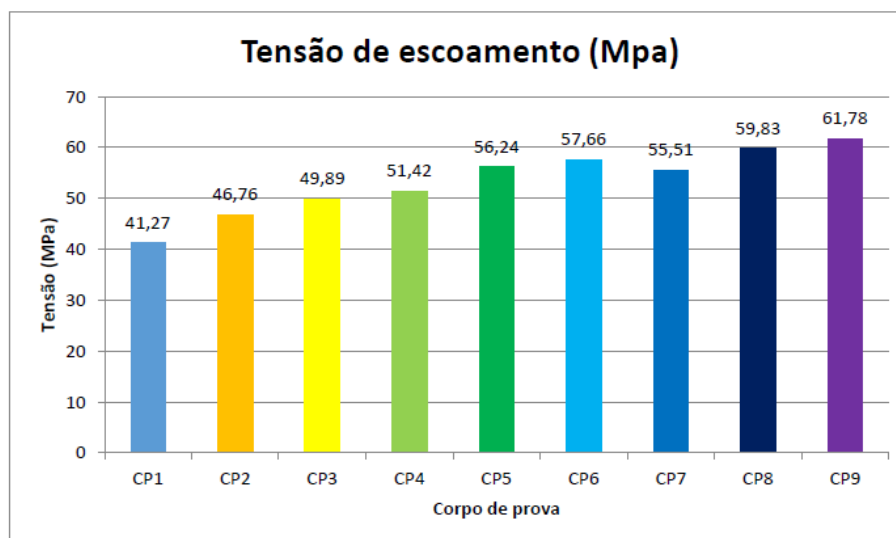


Figura 5 - Resultados de tensão de escoamento
Fonte: Os autores (2022)

Analisando os resultados, observa-se que os CP9 e CP8 obtiveram os maiores valores respectivamente, onde ambos foram fabricados com 4 perímetros e tem os valores maiores de preenchimento (50% e 30% respectivamente). A combinação dos valores máximos de perímetro e preenchimento resultaram em uma peça com mais material, favorecendo

os valores elevados de tensão, conferindo assim maior resistência à tração devido ao aumento da área efetiva e menores espaços entre as camadas depositadas, o que impacta diretamente sobre as propriedades mecânicas do material.

O módulo de elasticidade foi analisado, conforme apresentado na Figura 6, onde quanto maior for esse valor, maior a tensão necessária para o material sofrer deformação.

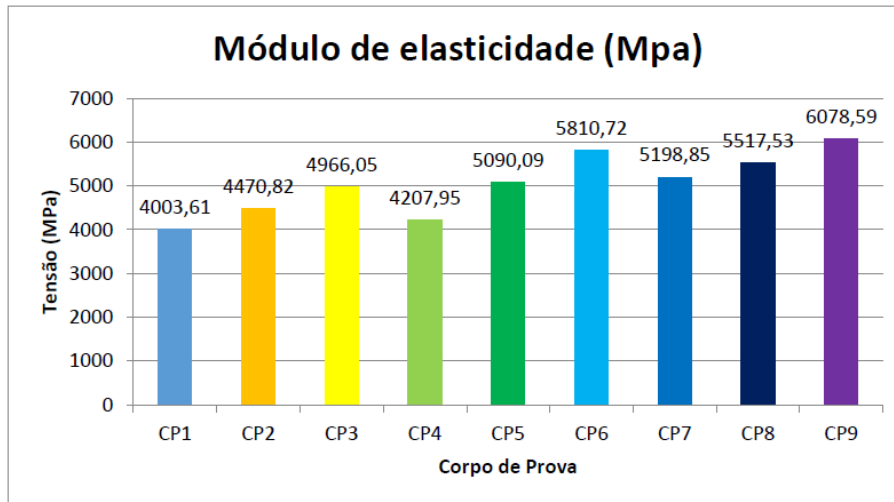


Figura 6 - Resultados módulo de elasticidade
Fonte: Os autores (2022)

Novamente o CP9 obteve o maior valor entre os corpos de prova, seguido dos CP6 e CP8. As combinações com maior preenchimento obtiveram os maiores valores, seguindo os resultados de tensão de escoamento. Dentre os aspectos que devem ser considerados para avaliar a resistência mecânica dos corpos de prova produzidos pelo processo de manufatura aditiva, Santana et. al (2018) afirma que estes possuem estrutura formada por uma densidade de vazios e pela existência de ligações entre os filamentos depositados, dentro e entre as camadas. A estrutura, por sua vez, é determinada pelas trajetórias de deposição dos filamentos e pelos parâmetros de processo. A presença de vazios no interior das peças se dá pela forma oblonga dos filamentos que as constituem. O tamanho e a forma dos vazios, bem como a extensão da união entre filamentos individuais (área de contato), são fatores que influenciam diretamente nos valores de resistência mecânica dos corpos de prova.

Os valores de alongamento são apresentados na Figura 7. Essa propriedade é a variação do comprimento do corpo de prova, assim quanto maior o alongamento, mais dúctil é o material.

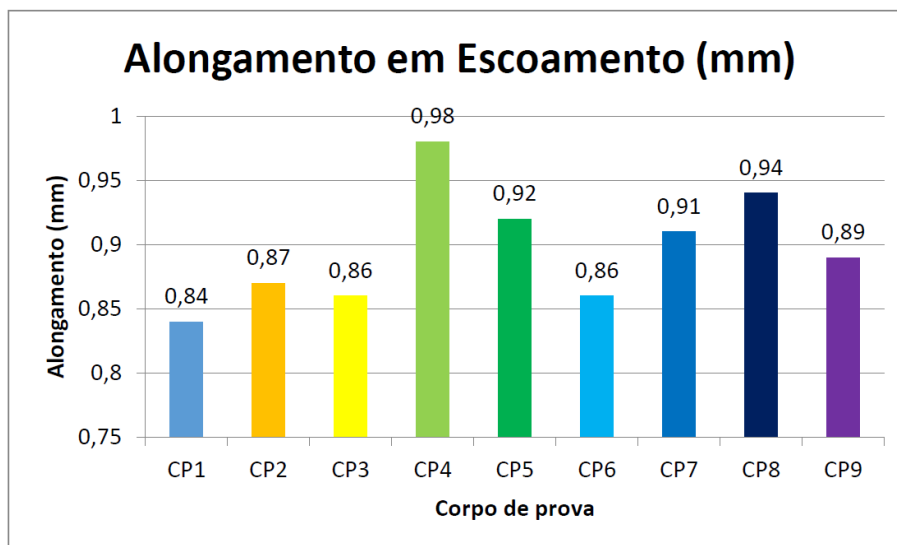


Figura 7 - Resultados do alongamento
Fonte: Os autores

Em relação ao alongamento, o CP4 teve maior valor seguido dos CP8, CP5 e CP7, observando nessas combinações o valor de preenchimento é menor, de 10% e 30%, sugerindo que o preenchimento tem uma influência no alongamento da

peça. Porém, o valor de perímetro também tem uma influência, nesse experimento, pois as combinações com menores perímetros (2 perímetros), resultaram nos menores valores de alongamento.

Por meio dos experimentos realizados constatou-se que os corpos de prova com maior percentual de preenchimento aliado a uma quantidade maior de perímetros, apresentaram em geral maiores valores de tensão de escoamento e módulo de elasticidade. No caso, o CP9 com 4 perímetros e 50% de preenchimento obteve o maior resultado nas propriedades citada. Já valores menores favorece a propriedade de alongamento, principalmente a porcentagem de preenchimento, resultando em menos material e consequentemente um maior alongamento.

4. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Faculdade SENAI de Joinville pela infraestrutura disponibilizada para a realização do presente trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- ABREU, Sofia. Impressão 3D baixo custo versus impressão em equipamentos de elevado custo. 2015. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal.
- SALINAS, Richard. 3D printing with reprop cookbook. Birmingham: Packt Publishing, 2014.
- SANTANA, L.; ALVES, J. L.; SABINO NETTO, A. C.; MERLINI, C. Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. Revista Matéria, V23, n04, 2018.
- VOLPATO, N.; Ahrens, C. H.; Ferreira, C. V.; Petrush, G.; Carvalho, J.; Santos, J. R. L.; Silva, J. V. L. (2007). Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações. São Paulo: Edgard Blucher.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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