

## 12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

### ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO CORANTE EM PEÇAS DE ACRILONITRILA BUTADIENO ESTIRENO (ABS) PRODUZIDAS POR MANUFATURA ADITIVA QUANTO A MASSA E A INTEGRIDADE SUPERFICIAL

CAROLINA F. MACHADO<sup>1</sup>, CLEITON L. F. DE ASSIS<sup>2</sup>, GUILHERME R. MECELIS<sup>3</sup>,  
JOSÉ R. CAMILO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Votuporanga, c.machado@aluno.ifsp.edu.br.

<sup>2</sup> Docente do IFSP, Câmpus Votuporanga, fazolocla@ifsp.edu.br.

<sup>3</sup> Docente do IFSP, Câmpus Votuporanga, guilherme.mecelis@ifsp.edu.br.

<sup>4</sup> Docente do IFSP, Câmpus Votuporanga, jrcamilo@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.05.04-7 Polímeros, Aplicações.

**RESUMO:** A fabricação de protótipos e peças por impressão 3D é cada vez mais comum em diversas aplicações do cotidiano, inclusive em projetos de engenharia e produtos variados. A utilização de termoplásticos de engenharia, tal como a Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), é crescente em componentes para definição de formatos geométricos de produtos e em demandas que exigem resistência mecânica em aplicações nas áreas automotiva, aeronáutica e médica. Informações sobre a influência do peso e as condições da integridade superficial de objetos, produzidos por impressão 3D, utilizando ABS natural e com diferentes cores não são comumente encontradas nas literaturas. Informações sobre a massa e o acabamento das peças produzidas por manufatura aditiva empregando o ABS, natural e em variadas cores, podem ajudar pesquisadores e fabricantes de produtos por impressão 3D. A pesquisa objetiva avaliar a influência de corante utilizado no ABS quanto à massa e a integridade superficial de peças produzidas por manufatura aditiva. Pesagens e fotografias foram realizadas nas amostras produzidas. Os resultados obtidos através da Análise Estatística (ANOVA) e o Teste de Tukey mostraram que o corante altera a massa em até 8,5% maior quando comparado com o ABS natural e a integridade superficial.

**PALAVRAS-CHAVE:** ABS; corante; impressão 3D; integridade superficial; massa.

### STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DYE ON PIECES OF ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE (ABS) PRODUCED BY ADDITIVE MANUFACTURING ON THE WEIGHT AND SURFACE INTEGRITY

**ABSTRACT:** The fabrication of prototypes and parts by 3D printing is increasingly common in many everyday applications, including engineering projects and varied products. The use of engineering thermoplastics, such as Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), is increasing in components for defining the geometric shapes of products and in demands that require mechanical resistance in applications in the automotive, aeronautics and medical fields. Information about the influence of weight and the conditions of the surface integrity of objects, produced by 3D printing, using natural ABS and with different colors, are not commonly found in the literature. Information about the mass and finish of parts produced by additive manufacturing using ABS, natural and in various colors, can help researchers and manufacturers of 3D printing products. The research aims to evaluate the influence of dye used in ABS on the mass and surface integrity of parts produced by additive manufacturing. Weighing and photographs were carried out on the samples produced. The results obtained through the Statistical Analysis (ANOVA) and the Tukey Test showed that the dye changes the mass in up to 8.5% greater when compared to the natural ABS and the surface integrity.

**KEYWORDS:** ABS; dye; 3D printing; surface integrity; weight.

## INTRODUÇÃO

Segundo Porto (2016), a manufatura aditiva ou prototipagem rápida é uma tecnologia que se baseia na criação de elementos tridimensionais, ou seja, um objeto é fabricado virtualmente através de um software e depois construído através da deposição de material fundido camada por camada até que se forme o corpo esperado. Atualmente essa tecnologia 3D tem se expandido muito e se faz presente em diversas áreas do conhecimento como na medicina, automobilística, construções civis e têxtil pois possui um grande potencial de aplicação e permite um aumento na eficácia de fabricação dos produtos.

Apesar do constante crescimento da tecnologia, o uso da prototipagem 3D ainda contém certas dificuldades, como por exemplo o elevado custo da matéria prima e aditivos que os tornam mais resistentes (LACERDA *et al.*, 2019). O polímero ABS é constituído de termopolímeros que são compostos por dois componentes termoplásticos amorfos e um elemento elastomérico (LANDI; *et al.*, 2003). Além disso, de acordo com Braga (2020) esse material possui um bom equilíbrio entre resistência à tração, alta estabilidade dimensional, baixo índice de absorção, fácil moldagem, entre outros.

Os corantes, de acordo com Saron e Felisberti (2006), são utilizados para colorir os objetos e podem ser identificados como pigmento ou corante. Mesmo que muitos pesquisadores acreditem que essas definições sejam diferentes, em alguns contextos são apontados como a mesma coisa.

Portanto, sabendo-se a necessidade de realizar o estudo da influência do corante no ABS, esse trabalho direciona esforços na obtenção de informações sobre a massa e a integridade superficial, considerando os mesmos parâmetros de fabricação, com o propósito de ajudar profissionais e empresas que utilizam o material na produção de peças pela manufatura aditiva, visto que, comumente não são encontradas pesquisas sobre esse tema.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a impressão dos corpos de prova, foi utilizada uma impressora 3D da marca GTMax3D, com as seguintes características: técnica de Modelagem por Deposição Fundida (MDF), área de impressão de 300 x 300 x 500 mm (comprimento x largura x altura), velocidade máxima de impressão há 180 mm/s, espessura da camada de 0,05 à 0,4 mm no eixo XY e de 0,004 mm no eixo Z, diâmetro do pico extrusor com 0,5 mm e com temperatura máxima de 295 °C, diâmetro de filamento do material de 1,75 mm e aquecimento da mesa de até 135 °C.

Foram produzidos 5 corpos de prova com ABS natural e 5 corpos de prova nas cores: vermelho, nude, azul, preto e cinza, totalizando trinta peças. Todos os corpos de prova foram impressos com velocidade de impressão de 30mm/s, altura da camada de 0,2 mm, espessura da parede de 1,2 mm e preenchimento de 100%. Foi utilizado o padrão de preenchimento concêntrico (Figura 1), e também somente o material polimérico ABS de um único fornecedor, na qual, segundo Shimano (2019), é comum na fabricação de peças por FDM. O corpo de prova possui 170 mm de comprimento, 20 mm de largura nas extremidades, 10 mm de largura na região central e 4 mm de espessura.

Camadas par e ímpar



FIGURA 1. Padrão de preenchimento aplicado na produção dos corpos de prova.

Foi realizada a pesagem das amostras utilizando uma balança semi analítica 310G 0,001g série L303i, com as seguintes características: certificado do INMETRO, sistema de pesagem com células de carga de alta resolução e calibração interna automática. Cada amostra foi pesada três vezes para obtenção da média das massas. Foi aplicada Análise de Variância (ANOVA) para verificação da influência do corante nas massas das amostras e o Teste de Tukey para comparação das massas das peças produzidas com ABS natural e nas cores: vermelha, nude, azul, preta e cinza.

Além disso, as imagens dos corpos de prova foram registradas utilizando a câmera de um smartphone Apple iPhone 11 (posicionado em um referencial fixo) e comparadas entre si através de visualização.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os dados adquiridos pela pesagem dos corpos de prova.

TABELA 1. Resultados obtidos na pesagem dos trinta protótipos.

		Massa (g)			Média
		1ª pesagem	2ª pesagem	3ª pesagem	
Natural	Peça 1	9,168	9,170	9,171	9,170
	Peça 2	9,179	9,178	9,182	9,180
	Peça 3	9,301	9,229	9,298	9,276
	Peça 4	9,237	9,236	9,235	9,236
	Peça 5	9,162	9,162	9,165	9,163
Vermelha	Peça 1	9,190	9,189	9,192	9,190
	Peça 2	9,625	9,623	9,625	9,624
	Peça 3	9,708	9,707	9,709	9,708
	Peça 4	9,556	9,555	9,558	9,556
	Peça 5	9,619	9,620	9,621	9,620
Nude	Peça 1	9,729	9,726	9,726	9,727
	Peça 2	9,705	9,703	9,703	9,704
	Peça 3	9,630	9,627	9,629	9,629
	Peça 4	9,870	9,872	9,873	9,872
	Peça 5	9,705	9,701	9,700	9,702
Azul	Peça 1	9,896	9,893	9,897	9,895
	Peça 2	9,939	9,939	9,939	9,939
	Peça 3	9,864	9,864	9,864	9,864
	Peça 4	10,014	10,011	10,013	10,013
	Peça 5	9,898	9,895	9,898	9,897
Preta	Peça 1	9,822	9,824	9,825	9,824
	Peça 2	10,072	10,074	10,075	10,074
	Peça 3	9,553	9,551	9,950	9,685
	Peça 4	10,145	10,146	10,145	10,145
	Peça 5	10,167	10,167	10,167	10,167
Cinza	Peça 1	9,438	9,441	9,439	9,439
	Peça 2	9,646	9,643	9,641	9,643
	Peça 3	9,704	9,706	9,705	9,705
	Peça 4	9,565	9,563	9,563	9,564
	Peça 5	9,760	9,758	9,756	9,758

A Análise de Variância (ANOVA) foi aplicada nas médias das massas das amostras do ABS, com padrão de preenchimento concêntrico nas cores natural, vermelha, nude, azul, preta e cinza. Para diferença entre as médias, a probabilidade (P-Valor) dever ser menor ou igual a 0,05 ( $P \leq 0,05$ ). Na Tabela 2 são apresentados os resultados para grau de liberdade (GL), soma dos quadrados (SQ), quadrado médio (QM), frequência (F-Valor) e probabilidade (P-Valor).

TABELA 2. Quadro ANOVA da massa dos protótipos.

Fator de controle	GL	SQ	QM	F-Valor	P-Valor
Pigmento	5	1,98703	0,39741	20,54	0,000
Error	24	0,46424	0,01934		
Total	29	2,45128			

Na Figura 2 é apresentado o gráfico da média das massas e respectivas variações. A análise da Figura 2 e a probabilidade (P-Valor) apresentada na Tabela 2 evidenciam que o corante afeta a massa das peças produzidas utilizando o material ABS natural e com diferentes cores.

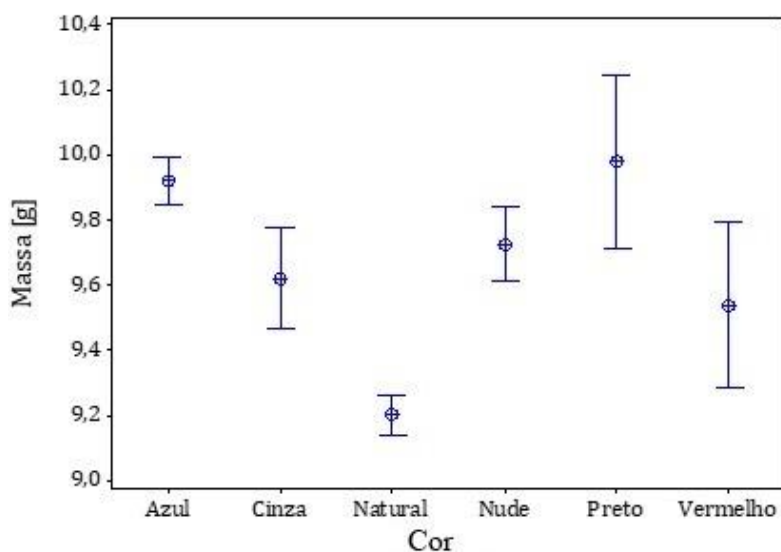


FIGURA 2. Gráfico da média das massas das amostras produzidas.

Além disso, foi realizado o Teste de Tukey para avaliar o efeito do corante na massa dos corpos de prova. A probabilidade (P-Valor) menor ou igual a 0,05 ( $P \leq 0,05$ ) indica que as massas não são equivalentes. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 3.

TABELA 3. Teste de Tukey para o efeito do pigmento na massa dos protótipos.

Erro padrão da diferença	Fator de controle	Comparação	Diferença das médias	T-Valor	P-Valor
0,08796	Cor	Azul – Cinza	-0,2997	-3,408	0,0249
		Azul – Natural	-0,7167	-8,148	0,0000
		Azul – Nude	-0,1950	-2,217	0,2669
		Azul – Preto	0,0573	0,651	0,9856
		Azul – Vermelho	-0,3818	-4,340	0,0027
		Cinza – Natural	-0,4170	-4,741	0,0010
		Cinza – Nude	0,1047	1,191	0,8369
		Cinza – Preto	0,3570	4,059	0,0054
		Cinza – Vermelho	-0,0821	-0,933	0,9339
		Natural – Nude	0,5217	5,931	0,0001
		Natural – Preto	0,7740	8,799	0,0000
		Natural – Vermelho	0,3348	3,808	0,0098
		Nude – Preto	0,2523	2,868	0,0801
		Nude – Vermelho	-0,1868	-2,124	0,3091
Preto – Vermelho	-0,4391	-4,992	0,0006		

A análise estatística da comparação de azul – cinza, azul – natural, azul – vermelho, cinza – natural, cinza – preto, natural – nude, natural – preto, natural – vermelho e preto – vermelho mostra que as massas são diferentes ( $P \leq 0,05$ ). A comparação de azul – nude, azul – preto, cinza – nude, cinza – vermelho, nude – preto e nude – vermelho demonstra que não existe diferença significativa entre as massas. As amostras de cor natural e cor azul apresentaram as menores variações nas massas registradas e a cor preta apresentou a maior variação na massa dentre as peças produzidas. A maior diferença entre a média das massas ocorreu entre as cores natural e preta, sendo a preta com massa aproximadamente 8,5% maior. Na Figura 3 é apresentada a aparência das superfícies das amostras.



FIGURA 3. Imagens das superfícies das peças, na parte superior (da esquerda para a direita), nas cores natural, vermelha, nude, e na parte inferior, azul, preta e cinza.

A análise visual das cores preta e azul destaca a impressão com maior rugosidade quando comparadas com as peças naturais. As demais cores apresentaram semelhança nas superfícies impressas.

## CONCLUSÃO

A partir dos valores obtidos por meio da pesagem das amostras, constatou-se que o corante presente nos ABS ocasionou na variação da massa quando comparado com as amostras de cor natural. A integridade superficial apresentou repetibilidade nas amostras nas cores natural, vermelha, nude e cinza. As cores azul e preta mostraram acabamentos diferentes as demais cores, mesmo possuindo os mesmos parâmetros de impressão. O estudo da causa da interferência do corante, presente no ABS, na massa e integridade superficial de parte das peças produzidas será realizado em pesquisa futura.

## AGRADECIMENTOS

Ao IFSP pela bolsa de iniciação científica e a empresa GTMax3D, que doou os materiais para impressão das amostras.

## REFERÊNCIAS

BRAGA, T.C. Desenvolvimento de Eletrodos de ABS impressos em 3D e em papel para aplicação em eletrocatalise, 2020. Disponível em: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2020P16750A34574O6.pdf>. Acesso em: 18 ago 2020.

LACERDA, T. F. *et al.* Aplicabilidade da impressora 3D na prática médica contemporânea. In: ANAIS DO II CONGRESSO MÉDICO DE RIO VERDE. p. 58, 2019.

LANDI, T.R.L.*et al.* Estudo do efeito da radiação ionizante por feixe de elétrons sobre o terpolímero acrilonitrila butadieno estireno – ABS, 2003.

PORTO, T.M.S. Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil. Projeto de Graduação, UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2016.

SARON, C.; FELISBERTI, M.I. Ação de colorantes na degradação e estabilização de polímeros. Química Nova, v. 29, p.124-128, 2006.

SHIMANO, M. M., *et al.* Influência do percentual de preenchimento no comportamento mecânico de peças em PLA e ABS obtidas por Impressão 3D por extrusão. Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação, v. 3, n. 2, p. 178-190, 2019.