

Influência do tipo de material polimérico na resistência de peças impressas em 3D

A manufatura aditiva ou impressão 3D tem se mostrado útil à fabricação de peças capazes de atender necessidades técnicas de diferentes segmentos. Nesse sentido, algumas aplicações possuem requisitos associados às propriedades mecânicas da peça fabricada. Diante da hipótese de que o tipo de polímero, associado à textura produzida pela combinação de linhas de deposição, pode contribuir para alterações das propriedades mecânicas resultantes, ensaios de tração foram realizados em corpos de prova impressos com três diferentes tipos de textura, utilizando os materiais ABS, PLA e PETG. Alongamento, tensão máxima e tensão de ruptura foram avaliados com auxílio da análise de variância (ANOVA). De acordo com os resultados, o material, a textura e a interação destes fatores de controle afetaram as propriedades mecânicas dos corpos de prova. A escolha do tipo de polímero e a orientação de sua deposição representam fatores importantes no projeto de peças produzidas por impressão 3D.

Cleiton Lazaro Fazolo de Assis (fazolocla@ifsp.edu.br) é docente na área de indústria. Osvandre Alves Martins (osvandre@ifsp.edu.br) é docente na área de informática. Guilherme Rosati Mecelis (Guilherme.mecelis@ifsp.edu.br) é docente na área de indústria. Ricardo Cesar de Carvalho (ricardo.cc@ifsp.edu.br) é docente na área de informática. Todos do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), campus Votuporanga. Reprodução autorizada pelos autores.

Cleiton L. F. de Assis, Osvandre A. Martins, Guilherme R. Mecelis e Ricardo C. de Carvalho

A tecnologia de impressão 3D representa um processo de manufatura aditiva baseado na transformação de um modelo tridimensional concebido em CAD (*computer-aided design*) em um protótipo físico. Nesse processo a maioria das técnicas consistem em fatiar o modelo em camadas bidimensionais a serem preenchidas uma a uma, constituindo o produto⁽¹⁾. Também conhecida como modelagem por deposição de material fundido (FDM, *fused deposition modeling*), a construção da peça parte do princípio de distribuir plástico derretido, cama-

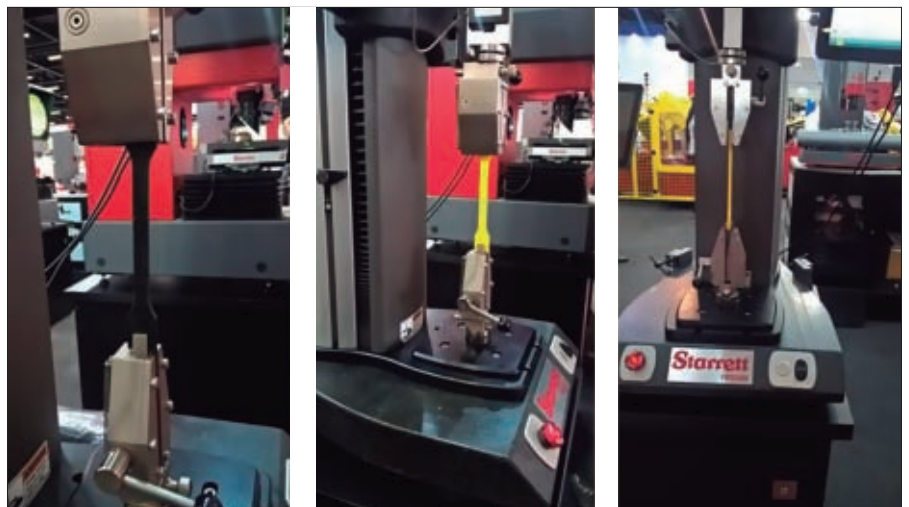


Fig. 1 – Ensaios de tração de corpos de prova de materiais poliméricos

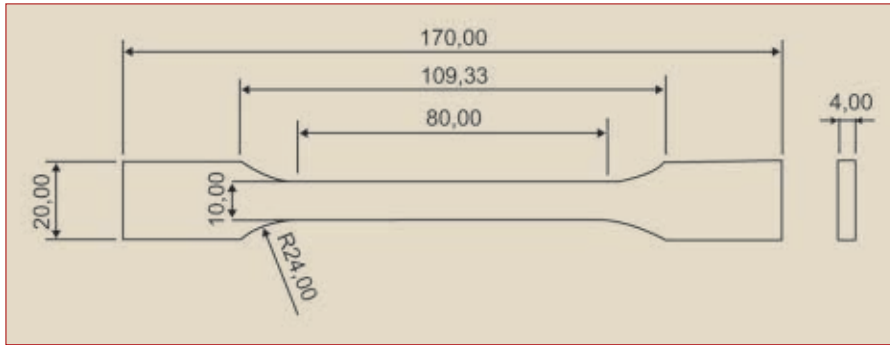


Fig. 2 – Dimensões em milímetros dos corpos de prova utilizados nos ensaios de tração

da por camada, usando uma extrusora de movimento.

Devido à capacidade das impressoras 3D materializarem, rapidamente, os projetos modelados em CAD⁽²⁾, essa tecnologia tem revelado considerável potencial que, somado às vantagens da utilização de materiais poliméricos, também tem ganhado espaço na fabricação de produtos acabados⁽³⁾, principalmente para a área médica, favorecendo a recriação de partes biológicas⁽²⁾ e a fabricação de estruturas de suporte biocompatíveis para diversos fins⁽⁴⁾.

A compreensão do comportamento mecânico do componente resultante da manufatura aditiva pode ser fundamental na busca pela garantia da resistência aos esforços mecânicos associados à aplicação da peça. Pesquisas considerando a variação na direção de impressão, camada a camada, formando uma estrutura similar a uma colmeia, analisaram a resistência mecânica em cada variação estudada⁽⁵⁾. Em outro trabalho, peças impressas apresentaram anisotropia das propriedades mecânicas⁽⁶⁾. Outra pesquisa analisou a influência da direção de impressão da peça e da distância entre as peças impressas, utilizando o processo de impressão PolyJet, relacionando essas variáveis com as propriedades mecânicas da

peça pronta⁽⁷⁾. Estudos sobre o efeito da orientação de impressão nas propriedades mecânicas e a acurácia dimensional de peças po-

Tab. 1 – Resultados da análise ANOVA para o alongamento

| Fator | Alongamento (%) | | | | |
|------------------|-----------------|---------|--------|-------|-------|
| | GL | SQ | QM | F | P |
| Material | 2 | 12,1652 | 6,0826 | 24,87 | 0,000 |
| Textura | 2 | 3,0228 | 1,5114 | 6,18 | 0,009 |
| Material*Textura | 4 | 0,4652 | 0,1163 | 0,48 | 0,753 |
| Erro | 18 | 4,4030 | 0,2446 | | |

rosas de sulfato de cálcio também foram realizados⁽⁸⁾, assim como o estudo da variação das propriedades mecânicas relacionadas à espessura das camadas de impres-

são, estendendo o teste para uma peça de aplicação real⁽⁹⁾.

Visando compreender o comportamento mecânico de peças fabricadas por manufatura aditiva, este trabalho investigou o efeito do material e da textura de corpos de prova no alongamento, resistência mecânica e tensão de ruptura de peças impressas em 3D. Ensaios de tração e análise de variância (ANOVA) foram utilizados nesta pesquisa.

Materiais e métodos

Ensaios de tração foram realizados em corpos de prova produzidos por impressão 3D, com auxílio de uma máquina de força Starrett FMS 5000, modelo FLC-5000E, com capacidade máxima de 5kN. A figura 1 apresenta imagens de ensaios de tração dos materiais poliméricos aplicados nesta pesquisa.

Os ensaios seguiram a norma ISO 527-1/2:2012⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾, específica para a realização de testes de tração padronizados em materiais poliméricos. As propriedades me-

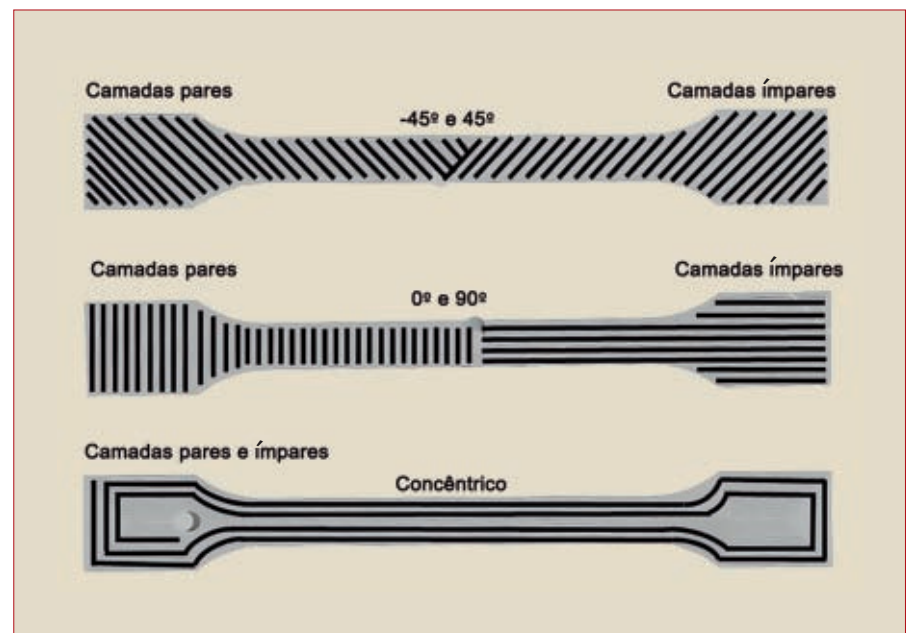


Fig. 3 – Padrões de preenchimento empregados na produção de corpos de prova

cônicas avaliadas foram alongamento, tensão máxima e tensão de ruptura. A figura 2 apresenta as dimensões dos corpos de prova.

A impressora 3D utilizada é da marca Anet, modelo A8, com área de impressão de 220 x 220 x 240 mm, velocidade máxima de opera-

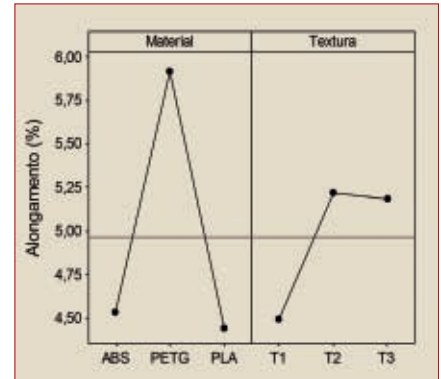


Fig. 5 – Gráfico ANOVA do efeito dos fatores de controle no alongamento

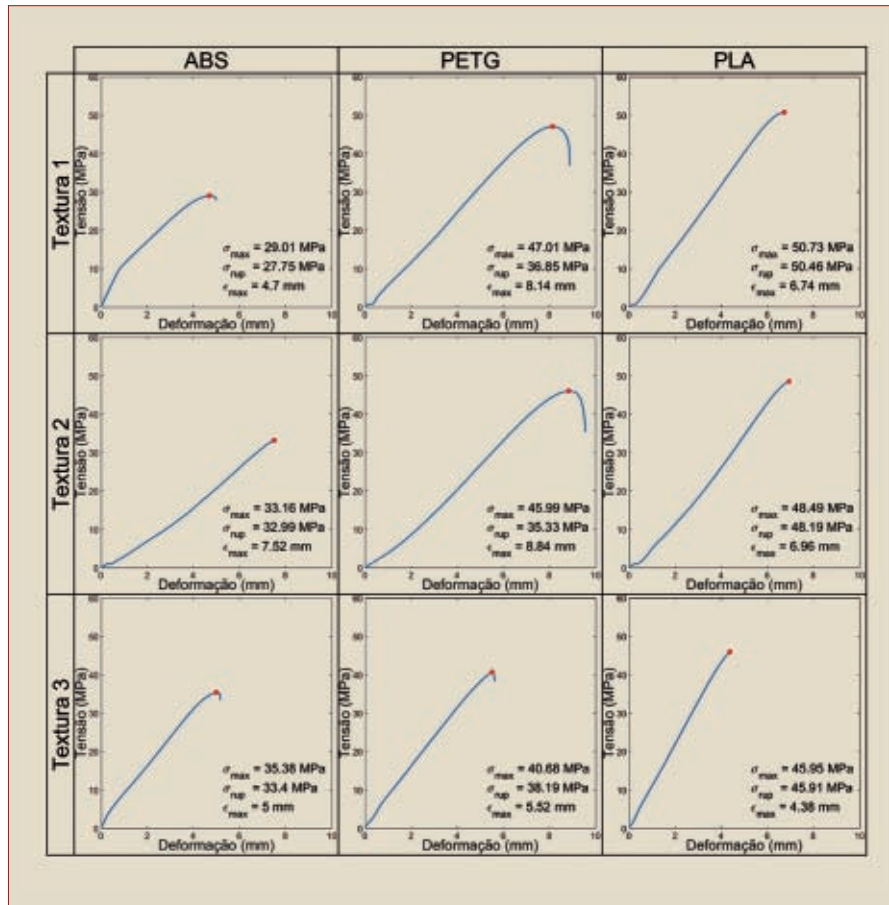


Fig. 4 – Gráficos de tensão-deformação dos ensaios de tração

ção de 100 mm/s, diâmetro de filamento do material de 1,75 mm e precisão de posicionamento no eixo X/Y de 0,012 mm e no eixo Z de 0,004 mm. A espessura de camada depositada varia de 0,1 mm a 0,3 mm e o seu único bico extrusor possui diâmetro de 0,4 mm. Todos os corpos de prova foram impressos com velocidade de impressão de 40 mm/s, altura da camada de 0,2 mm, espessura da parede de 0,8 mm e preenchimento de 100%.

Os materiais poliméricos utilizados na fabricação dos corpos de prova são comuns na aplicação da técnica de impressão 3D. Desta forma, três diferentes materiais

A melhor solução para proteção contra corrosão e abrasão

Camada uniforme dispensando retrabalho posterior
Dureza até 68 hrc
Camada de 1 até 150 micras
Auto Lubrificante

Níquel Duro - Químico
Níquel - Lub
Anodização Dura
Níflon



SUPER FINISHING
do Brasil



Tab. 2 – Resultados da análise ANOVA para a tensão máxima e tensão de ruptura

| Fator | GL | Tensão máxima (MPa) | | | | Tensão de ruptura (MPa) | | | |
|------------------|----|---------------------|--------|--------|-------|-------------------------|--------|-------|-------|
| | | SQ | QM | F | P | SQ | QM | F | P |
| Material | 2 | 1150,84 | 575,42 | 112,31 | 0,000 | 1205,41 | 602,70 | 97,28 | 0,000 |
| Textura | 2 | 22,15 | 11,08 | 2,16 | 0,144 | 0,13 | 0,07 | 0,01 | 0,989 |
| Material*Textura | 4 | 177,76 | 44,4 | 8,67 | 0,000 | 43,14 | 10,78 | 1,74 | 0,185 |
| Erro | 18 | 92,22 | 5,12 | | | 111,52 | 6,20 | | |

foram testados nos experimentos: o ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno), amplamente utilizado na fabricação de peças plásticas com certa resistência mecânica⁽¹⁾; o PLA (poliácido láctico), um polímero biodegradável, aprovado por órgãos reguladores que é utilizado em aplicações biomédicas, em especial na fabricação de estruturas de apoio para regeneração de tecidos⁽¹²⁾; e o PETG (politereftalato de etileno modificado com glicol), que combina a funcionalidade do ABS (mais resistente à tempera-

tura e mais durável) e a confiabilidade do PLA (fácil de imprimir), além de ser reciclável.

Três padrões de preenchimento (concêntrico, 0° e 90° e -45° e 45°) foram aplicados na produção dos corpos de prova, resultando em três texturas diferentes, sendo concêntrica, 0°/90° e -45°/45°, conforme ilustrado na figura 3. Todas as médias foram calculadas considerando um intervalo de confiança de 95%. As análises dos resultados foram realizadas com auxílio da análise de variância

(ANOVA) para verificar o efeito das variáveis (material e textura) nas respostas (alongamento, tensão máxima e tensão de ruptura). O Teste de Tukey foi aplicado para identificar quais materiais, texturas e respectivas interações afetaram as propriedades mecânicas avaliadas.

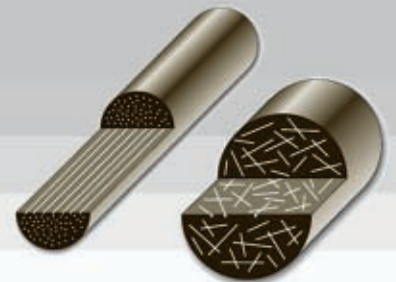
Resultados e discussão

A figura 4 apresenta gráficos representativos dos ensaios de tração realizados nos corpos de



RTP Company Brasil
Termoplásticos

POLÍMEROS DE ENGENHARIA



A RTP Company, líder mundial na fabricação de compostos de termoplásticos tem fabricas nos EUA, México, Europa (França e Alemanha), China e Singapura, agora abastecendo o Mercosul, investindo onde muitos desistem

- Materiais coloridos
- Masterbach
- Elastômeros
- Alta performance
- Alta resistência térmica
- Resistência ao desgaste
- Compostos com fibra longa (vidro, aço inox e fibra de carbono)
- Compostos com materiais Cristalinos, Semicristalinos e Amorfos.
- Mais de 6000 compostos desenvolvidos



11 4193-8772

www.rtpcompany.com

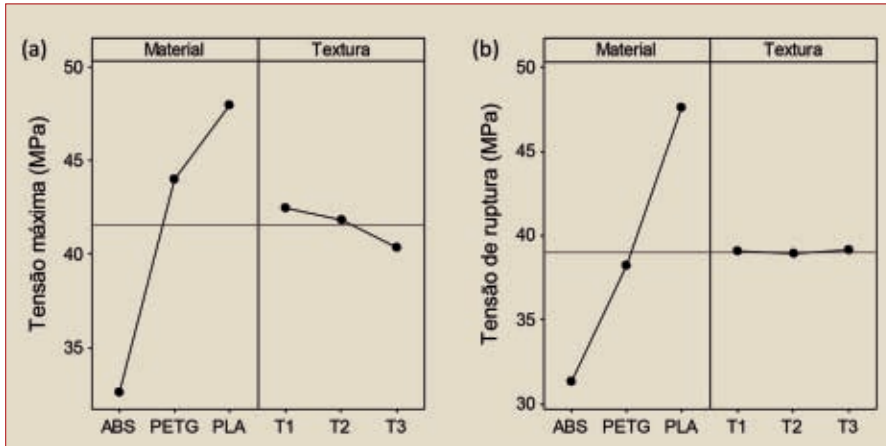


Fig. 6 – Gráficos ANOVA do efeito dos fatores de controle na (a) tensão máxima e na (b) tensão de ruptura

prova de ABS, PETG e PLA, impressos em 3D conforme as três diferentes texturas apresentadas na figura 3. A análise dos gráficos indicou que o PLA possui maior resistência mecânica, assim como resistência à ruptura, seguido do PETG e ABS. Mesmo com a mudança de textura, o PLA apresentou maior rigidez que os demais materiais. O PETG revelou maior alongamento para todas as texturas. As tensões de ruptura foram mais próximas entre o ABS e o PETG, evidenciando a maior resistência à deformação plástica do PLA.

Para avaliar o efeito dos materiais poliméricos e das texturas derivadas dos modos de deposição das camadas durante a impressão 3D, foi aplicada a análise de variância (ANOVA), com intervalo de confiança de 95%

($P < 0,05$). A tabela 1 apresenta os resultados para o alongamento dos corpos de prova. De acordo com a tabela, o uso de diferentes materiais e texturas afetou a propriedade mecânica avaliada ($P < 0,05$), confirmado também pelos valores de frequência ($F > > 1$), principalmente para o material dos corpos de prova. Contudo, a interação entre os dois fatores de controle não afetou o alongamento ($P > 0,05$).

A figura 5 apresenta os gráficos do efeito das variáveis no alongamento dos corpos de prova. O maior alongamento foi o do PETG, enquanto o do ABS e do PLA foram aproximadamente equivalentes. As texturas 2 e 3 resultaram em maiores alongamentos quando comparadas à textura 1. A mudança do ângulo

de deposição em relação ao comprimento do corpo de prova de tração tornou as amostras mais sensíveis ao alongamento, assim como com a aplicação de uma textura concêntrica, cujos resultados foram próximos.

A tabela 2 apresenta os resultados da ANOVA para a tensão máxima e tensão de ruptura, também avaliadas nesta pesquisa. A mudança de material dos corpos de prova afetou ambas as propriedades mecânicas ($P < 0,05$), também corroborada pela análise da frequência ($F > > 1$). A textura não revelou significância estatística, enquanto a interação entre os materiais e as texturas afetou apenas a tensão máxima ($P < 0,05$).

Os resultados do efeito das variáveis sobre a tensão máxima e a tensão de ruptura dos corpos de prova são apresentados na figura 6. De acordo com os gráficos, o PLA possui maior resistência mecânica e de ruptura quando submetido ao ensaio de tração, seguido do PETG e do ABS. A textura não representou efeito estatisticamente significativo nas propriedades mecânicas avaliadas ($P > > 0,05$).

Considerando a interação entre os materiais e as texturas, a figura 7 apresenta este efeito apenas para a tensão máxima, devido à significância estatística identificada pela ANOVA ($P < 0,05$). A interação do ABS com a textura 3 resultou em maior resistência mecânica, quando comparada com as interações ABS*T1 e ABS*T2. As interações do PETG e PLA com as texturas dos corpos de prova revelaram comportamento contrário ao do ABS.

A mudança de textura representou maior variação da tensão máxima para o PETG, ou seja, a deposição de material numa

Tab. 3 – Teste de Tukey para o efeito dos materiais sobre as propriedades mecânicas

| Propriedade | DMS | Materiais | Diferença | I.C. - 95% | P |
|-------------------|--------|------------|-----------|-------------------|-------|
| Alongamento | 0,2331 | ABS – PETG | 1,37527 | [0,7801; 1,9704] | 0,000 |
| | | ABS – PLA | -0,09276 | [-0,6879; 0,5024] | 0,917 |
| | | PETG – PLA | -1,46800 | [-2,063; -0,8729] | 0,000 |
| Tensão máxima | 1,067 | ABS – PETG | 11,42 | [8,693; 14,14] | 0,000 |
| | | ABS – PLA | 15,41 | [12,683; 18,13] | 0,000 |
| | | PETG – PLA | 3,99 | [1,266; 6,713] | 0,004 |
| Tensão de ruptura | 1,173 | ABS – PETG | 6,894 | [3,899; 9,890] | 0,001 |
| | | ABS – PLA | 16,302 | [13,307; 19,297] | 0,000 |
| | | PETG – PLA | 9,408 | [6,413; 12,40] | 0,000 |

TELAS MM
DESDE 1976
A ESPECIALISTA EM TECIDOS METÁLICOS



DISCOS DE TELAS PARA EXTRUSORAS

Discos de telas de arames aço inox AISI 304 ou AISI 316.
Seus tamanhos são cortados sob medida de acordo com a necessidade de cada cliente.

(11) 4646-1818
www.telasm.com.br

TRIGOPOL
TGP Resinas

RESINAS COM QUALIDADE
ISO 9001

ABS/PC
ABS
PC
POM

PBT
Poliamida
6 e 6.6
Composto
de PP



EMPRESA CERTIFICADA
ISO 9001

Diadema, SP (11) 4055.3711
(11) 4055.3724
www.trigopol.com.br

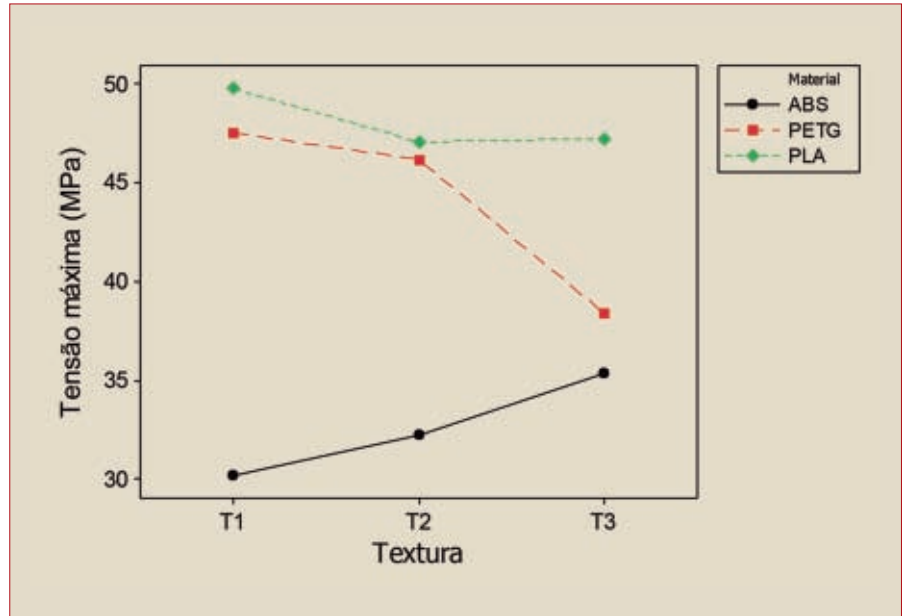


Fig. 7 – Gráfico ANOVA da interação entre as variáveis do material e da textura para a tensão máxima

configuração concêntrica diminuiu a resistência mecânica dos corpos de prova. Contudo, quando este modo de deposição foi utilizado na fabricação de peças em ABS, houve aumento da resistência mecânica, revelando um mecanismo de interação entre o tipo de polímero e a configuração estrutural da peça que ainda precisa ser melhor compreendido.

Visando identificar quais materiais, texturas e respectivas interações afetam as propriedades mecânicas avaliadas, foi aplicado o Teste de Tukey. Quando a diferença mínima significativa (DMS) é menor que o módulo da diferença média entre os pares analisados, isso indica que a diferença entre as propriedades mecânicas avaliadas é significativamente diferente. Os resultados apresentados são referentes apenas àqueles cuja ANO-

VA revelou significância estatística $P < 0,05$ e frequência $F > 1$. A tabela 3 apresenta o Teste de Tukey para o efeito dos materiais nas propriedades mecânicas estudadas. As análises da diferença, intervalo de confiança e probabilidade P indicaram que apenas no alongamento o ABS e o PLA não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$). As demais comparações entre os materiais poliméricos foram significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Nesse sentido, os resultados indicam que algumas aplicações da impressão 3D que necessitem controle da resistência mecânica do material, assim como maior plasticidade durante a deformação, devem considerar a escolha adequada do material a ser utilizado na fabricação das peças.

A tabela 4 apresenta o Teste de Tukey para o efeito da textura no alongamento. Nota-se que apenas a comparação entre as texturas 2 e 3 não foi significativamente diferente ($P > 0,05$). O ângulo de 45° de

Tab. 4 – Teste de Tukey para o efeito da textura no alongamento

| DMS | Materiais | Diferença | I.C. - 95% | P |
|--------|-----------|-----------|-------------------|-------|
| 0,2331 | T1 – T2 | 0,7283 | [0,13317; 1,323] | 0,015 |
| | T1 – T3 | 0,6897 | [0,09453; 1,285] | 0,022 |
| | T2 – T3 | -0,0386 | [-0,6338; 0,5565] | 0,985 |

deposição retilínea do material em relação ao comprimento do corpo de prova apresentou maior resistência ao alongamento, conforme visto na figura 5, enquanto as outras duas orientações de deposição resultaram em maior plasticidade do material durante a deformação.

Conclusões

Neste trabalho, ensaios de tração foram realizados em corpos de prova de três materiais poliméricos (ABS, PETG, PLA), impressos em 3D com três diferentes propostas de orientação de deposição de material. A análise de va-

Tab. 5 – Teste de Tukey para o efeito da interação materiais*texturas na tensão máxima

| DMS | Materiais*texturas | Diferença | I.C. - 95% | P |
|------------------|--------------------|----------------|------------------|-------|
| 1,848 | ABS*T1 – PETG*T1 | 17,300 | [10,818; 23,782] | 0,000 |
| | ABS*T1 – PETG*T2 | 15,958 | [9,476; 22,440] | 0,000 |
| | ABS*T1 – PETG*T3 | 8,173 | [1,691; 14,654] | 0,008 |
| | ABS*T1 – PLA*T1 | 19,542 | [13,060; 26,024] | 0,000 |
| | ABS*T1 – PLA*T2 | 16,846 | [10,364; 23,328] | 0,000 |
| | ABS*T1 – PLA*T3 | 17,013 | [10,531; 23,494] | 0,000 |
| | ABS*T2 – ABS*T1 | 15,275 | [8,793; 21,757] | 0,000 |
| | ABS*T2 – PETG*T2 | 13,933 | [7,451; 20,415] | 0,000 |
| | ABS*T2 – PLA*T1 | 17,517 | [11,035; 23,999] | 0,000 |
| | ABS*T2 – PLA*T2 | 14,821 | [8,339; 21,303] | 0,000 |
| | ABS*T2 – PLA*T3 | 14,988 | [8,506; 21,469] | 0,000 |
| | ABS*T3 – PETG*T1 | 12,144 | [5,662; 18,626] | 0,000 |
| | ABS*T3 – PETG*T2 | 10,802 | [4,321; 17,284] | 0,000 |
| | ABS*T3 – PLA*T1 | 14,386 | [7,904; 20,868] | 0,000 |
| | ABS*T3 – PLA*T2 | 11,690 | [5,208; 18,172] | 0,000 |
| | ABS*T3 – PLA*T3 | 11,857 | [5,375; 18,339] | 0,000 |
| | PETG*T1 – PETG*T3 | -9,127 | [-15,61; -2,646] | 0,003 |
| | PETG*T2 – PETG*T3 | -7,786 | [-14,27; -1,304] | 0,012 |
| | PETG*T3 – PLA*T1 | 11,369 | [4,887; 17,85] | 0,000 |
| | PETG*T3 – PLA*T2 | 8,673 | [2,191; 15,16] | 0,004 |
| PETG*T3 – PLA*T3 | 8,840 | [2,358; 15,32] | 0,004 | |

A tabela 5 apresenta o Teste de Tukey para o efeito da interação material*textura na tensão máxima. Para simplificação, apenas as comparações significativamente diferentes ($P < 0,05$) são apresentadas. Os resultados indicam que a escolha adequada entre material polimérico e respectiva orientação de deposição de material pode definir a tensão máxima suportada pela peça, possibilitando diferentes combinações, com diferentes resistências mecânicas.

riância (ANOVA) foi aplicada visando identificar o efeito dos fatores de controle sobre as propriedades mecânicas avaliadas: alongamento, tensão máxima e tensão de ruptura. As análises indicaram o efeito das variáveis nos resultados. O material e a textura afetaram o alongamento, enquanto a tensão máxima e a tensão de ruptura foram afetadas apenas pelo material dos corpos de prova. A interação entre o material e a textura afetou os resultados de tensão máxima. A escolha do material

ADITIVOS PARA PLÁSTICOS E COMPOSTOS

Para fios e cabos, mangueiras, calçados, perfis, tubos conexões e outros



Soyflex: Óleo de soja epoxidado

Lubstap: Estabilizante térmico sólido a base de Cálcio - Zinco

Lubvin: Lubrificante internos e externos

Stavin: Estabilizante térmico

líquido à base de Cálcio-Zinco

BBC Indústria e Comércio LTDA

Tel: 11 4591-0800

Fax: 11 4591-1422

bbcind@bbcind.com.br

Estrada Municipal Bento Pereira de Toledo, 2.001 - Bairro da Mina - Itupeva - SP
CEP: 13295-000





MAKING PLAST

A MARCA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICO QUE ATENDE AOS REQUISITOS ESPECÍFICOS COM QUALIDADE E CONFIDENCIALIDADE DOS NOSSOS CLIENTES.

#recycle

+55 19 3935 6231

RUA TURMALINA, 139
RECREIO CAMPESTRE JOIA
CEP 13.347-040
INDAIATUBA/SP

MAKINGPLAST

MAKINGPLAST.COM.BR

e sua respectiva orientação de deposição durante a impressão 3D revelou ser uma abordagem relevante para a fabricação de peças, principalmente quando as propriedades mecânicas são importantes para a funcionalidade e o desempenho do produto final.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Starrett Indústria e Comércio Ltda pelo uso da máquina de ensaios de força FMS 5000.

REFERÊNCIAS

- 1) DAWOUD, Michael, Iman TAHA a Samy J. EBEID. Mechanical behaviour of ABS: An experimental study using FDM and injection moulding techniques. *Journal of Manufacturing Processes* [online]. 2016, 21(January), 39–45. ISSN 1526-6125. Dostupné z: doi:10.1016/j.jmapro.2015.11.002
- 2) MANNOOR, Manu S., Ziwen JIANG, Teena JAMES, Yong Lin KONG, Karen A. MALATESTA, Winston O. SOBOYEJO, Naveen VERMA, David H. GRACIAS a Michael C. MCALPINE. 3D Printed Bionic Ears. *Nano Letters* [online]. 2013, 13, 2634–2639. Dostupné z: doi:10.1021/nl4007744
- 3) WONG, Kaufui V. a Aldo HERNANDEZ. A Review of Additive Manufacturing. *ISRN Mechanical Engineering* [online]. 2012, 2012. Dostupné z: doi:10.5402/2012/208760
- 4) AN, Jia, Joanne Ee Mei TEOH, Ratima SUNTORNNOND a Chee Kai CHUA. Design and 3D Printing of Scaffolds and Tissues. *Engineering* [online]. 2015, 1(2), 261–268. ISSN 20958099. Dostupné z: doi:10.15302/J-ENG-2015061
- 5) HUTMACHER, Dietmar W., Thorsten SCHANTZ, Iwan ZEIN, Kee Woei NG, Swee Hin TEOH a Kim Cheng TAN. Mechanical properties and cell cultural response of polycaprolactone scaffolds designed and fabricated via fused deposition modeling. *Journal of Biomedical Materials Research* [online]. 2001, 55(2), 203–216. ISSN 0021-9304, 1097-4636. Dostupné z: doi:10.1002/1097-4636(200105)55:2<203::AID-JBM1007>3.0.CO;2-7
- 6) LEE, C.S., S.G. KIM, H.J. KIM a S.H. AHN. Measurement of anisotropic compressive strength of rapid prototyping parts. *Journal of Materials Processing Technology* [online]. 2007, 187–188, 627–630. ISSN 09240136. Dostupné z: doi:10.1016/j.jmatprotec.2006.11.095
- 7) BARCLIFT, Michael W a Christopher B WILLIAMS. Examining variability in the mechanical properties of parts manufactured via polyjet direct 3d printing. nedatováno, 15.
- 8) FARZADI, Arghavan, Mehran SOLATI-HASHJIN, Mitra ASADI-EYDIVAND a Noor Azuan ABU OSMAN. Effect of Layer Thickness and Printing Orientation on Mechanical Properties and Dimensional Accuracy of 3D Printed Porous Samples for Bone Tissue Engineering. *PLoS ONE* [online]. 2014, 9(9), e108252. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0108252
- 9) RANKOUHI, Behzad, Sina JAVADPOUR, Fereidoon DELFANIAN a Todd LETCHER. Failure Analysis and Mechanical Characterization of 3D Printed ABS With Respect to Layer Thickness and Orientation. *Journal of Failure Analysis and Prevention* [online]. 2016, 16(3), 467–481. ISSN 1547-7029, 1864-1245. Dostupné z: doi:10.1007/s11668-016-0113-2
- 10) INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. *Plastics — Determination of tensile properties — Part 1: General principles* [online]. 2012 [vid. 2018-04-20]. Dostupné z: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:527:-1:ed-2:v1:en
- 11) INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. *Plastics — Determination of tensile properties — Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics* [online]. 2012 [vid. 2018-04-20]. Dostupné z: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:527:-2:ed-2:v1:en
- 12) SERRA, Tiziano, Monica ORTIZ-HERNANDEZ, Elisabeth ENGEL, Josep A. PLANELL a Melba NAVARRO. Relevance of PEG in PLA-based blends for tissue engineering 3D-printed scaffolds. *Materials Science and Engineering: C* [online]. 2014, 38, 55–62. ISSN 09284931. Dostupné z: doi:10.1016/j.msec.2014.01.003

BRAMIS
EQUIPAMENTOS MAGNÉTICOS

Descontaminação Ferrosa!



Linhas completas de equipamentos magnéticos industriais.

- Grades
- Polias
- Filtros
- Extratores
- Levantadores e muito mais.



Compre direto de fábrica

(11) 5077-3493
(11) 5058-0975
(11) 98310-2532

bramis@bramis.com.br
www.bramis.com.br