

ESTUDO E FORMULAÇÃO DE MATÉRIAS PRIMAS PARA IMPRESSÃO 3D POR FOTOPOLIMERIZAÇÃO

João Fiore Parreira Lovo

Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Av. Trab. Saocarlene, 400, São Carlos, SP, Brasil, 13.565-090
joao.lovo@usp.br

Roberto Ramon Mendonça

Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP. Estrada Municipal Paulo Eduardo de Almeida Prado, s/n. São Carlos, SP, Brasil, 13.565-820
rr.mendonca@ifsp.edu.br

Ítalo Leite de Camargo

Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP. Av. Primeiro de Maio, 500. Itaquaquecetuba, SP, Brasil, 08.571-850
italodecamargo@gmail.com

Carlos Alberto Fortulan

Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Av. Trab. Saocarlene, 400, São Carlos, SP, Brasil, 13.565-090
fortulan@usp.br

Resumo. Com foco em propriedades mecânicas e qualidade dos objetos fabricados, novos materiais e equipamentos baseados em fotopolimerização, são responsáveis pela evolução no acabamento e na resistência das peças impressas em 3D, viabilizando e impulsionando o uso da Manufatura Aditiva (MA) em crescentes setores da indústria e serviços. O presente trabalho objetiva analisar matérias primas comerciais e testar formulações de resinas para MA por fotopolimerização em cuba, avaliando as propriedades mecânicas dos materiais impressos. Duas matérias primas comerciais e três formulações de resinas acrílicas foram propostas, impressas em 3D, ensaiadas mecanicamente e avaliadas quanto a aditivos inorgânicos. Para as impressões foi utilizado um equipamento protótipo de MA por Digital Light Processing (DLP), com um projetor multimídia comercial como fonte de luz. As resinas de mercado e outras formuladas nesse trabalho se provaram de alto desempenho mecânico, com resistência à flexão em torno de 80 MPa. Também foi verificada a relação da composição entre tipos de monômeros e a resistência do material impresso. Os resultados numéricos obtidos, a qualidade de fabricação conseguida com um protótipo simples de impressora 3D por DLP, e ainda, as possibilidades de formulações de matérias primas, motivam futuros desenvolvimentos de materiais e dispositivos para MA por fotopolimerização.

Palavras chave: Manufatura Aditiva. Fotopolímeros. Impressora 3D.

1. INTRODUÇÃO

A evolução em propriedades dos materiais das peças impressas em 3D é o foco de pesquisas e desenvolvimentos, em diversos setores industriais (Kim, *et al.*, 2018; Li, *et al.*, 2018; Chanda, *et al.*, 2019), viabilizando assim, o crescente emprego da MA na fabricação de produtos finais (Medellin, *et al.*, 2019; Lovo, *et al.*, 2019; Lakhdar *et al.* 2021). Os fotopolímeros, materiais que vem sendo desenvolvidos desde o final da década de 1960 (Gibson, *et al.*, 2014), servem como base para matérias primas já consolidadas e para novas possibilidades de fabricação por manufatura aditiva (Nguyen, *et al.*, 2020; Relinque, *et al.*, 2020).

Os materiais fotopoliméricos, inicialmente no estado líquido, passam por uma reação química, em geral complexa, envolvendo alguns agentes químicos como monômeros e fotoiniciadores que, quando submetidos à radiação de luz em um determinado espectro de onda (ultravioleta ou visível), reagem promovendo a solidificação do material, sendo tal fenômeno denominado de fotopolimerização (Gibson, *et al.*, 2014; Guerra, *et al.*, 2019). Os processos de impressão 3D baseados em fotopolímeros, usualmente, acontecem com a aplicação seletiva de radiação luminosa sobre uma resina fotopolimérica líquida, seguindo um desenho tridimensional em CAD (*Computer-aided design*), de forma que essa matéria prima fotopolimerizável reage se solidificando nas regiões delimitadas pela exposição da luz, gerando assim a peça conforme o modelo em CAD. (Aznarte, *et al.*, 2017; Ahrens, 2017; Guerra, *et al.*, 2019). Os processos por fotopolimerização se destacam em relação a outros utilizados para MA, pois permitem o uso de máquinas de construção

relativamente simplificada (Davoudinejad, *et al.*, 2018), possibilitam a produção de peças com alta precisão e qualidade superficial (Tofail, *et al.*, 2018; Wu, *et al.*, 2019), bem como, propiciam uma maior velocidade de fabricação em comparação com outros tipos de processos de impressão 3D (Davoudinejad, *et al.*, 2018; Wu, *et al.*, 2019).

Esforços no sentido de melhorar determinadas propriedades dos materiais impressos norteiam pesquisas recentes com matérias primas para MA por fotopolimerização, sendo recorrente o uso de diversos tipos de aditivos às resinas (Relinque, *et al.*, 2020). Como exemplo, Löwa, *et al.* (2019), adicionaram nanopartículas magnéticas ao fotopolímero e imprimiram corpos de prova constituídos por compósitos magnéticos, com interesse em aplicações na área médica. Han e Cho (2018) dispersaram nanofibras de polianilina e micro partículas de grafeno em resina acrílica fotopolimerizável e fabricaram, por DLP, peças de material com alta condutividade elétrica, em comparação com polímeros acrílicos puros. Já no trabalho de Relinque, *et al.* (2020), foi adicionado um micro particulado de alumínio a um fotopolímero comercial, corpos de prova foram impressos em 3D, e foi obtido um compósito com ganho de condutividade térmica em relação à mesma resina fotopolimérica empregada pura.

Os tipos e proporções de componentes químicos base na formulação da matéria prima fotopolimerizável, (em geral monômeros, oligômeros e fotoiniciadores), influem fortemente nas propriedades dos materiais impressos (Chartrain, *et al.*, 2018). Várias dessas propriedades, como dureza, resistência à tração, resistência ao impacto e tenacidade, importantes do ponto de vista da engenharia, podem ser majoradas com adição de reforços orgânicos e inorgânicos (Medellin, *et al.*, 2019). No trabalho de Li, *et al.* (2019), nanocristais de celulose foram dispersados em um composto acrílico fotopolimerizável, e foram avaliados os ganhos de resistência mecânica por conta dos reforços no material dos corpos de prova, fabricados por DLP. Asif, *et al.* (2020) demonstraram ainda que, não só a adição, como também o alinhamento de reforços na matriz, tem forte influência na resistência mecânica do compósito após a fotopolimerização na MA.

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise de matérias primas comerciais e testar formulações de resinas para manufatura aditiva por fotopolimerização em cuba, avaliando propriedades mecânicas dos materiais impressos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção de todos os corpos de prova utilizados nesse trabalho, foi empregado um equipamento protótipo de MA por Digital Light Processing (DLP), com um projetor multimídia comercial como fonte de luz. Tal impressora 3D foi feita com uma configuração *top-down*, ou seja, os objetos são impressos a partir da superfície da resina na cuba e a plataforma de impressão tem movimento descendente durante a fabricação. Como indicado por Olmos, *et al.* (2017), as impressoras do tipo *top-down*, quando comparadas às do tipo *bottom-up*, tendem a permitir um melhor monitoramento do andamento da impressão e uso de resinas fotopolimerizáveis mais viscosas (com mais carga).

A impressora 3D protótipo foi construída com uma estrutura soldada com barras e chapas de aço inox 304-L, de modo a garantir a rigidez adequada ao equipamento. O projetor multimídia empregado é o modelo X2 da fabricante Infocus, o qual utiliza uma lâmpada de vapor de mercúrio, classe *ultra-high-performance*, potência de 200W e 3000 horas de vida útil. O filtro ultravioleta do equipamento foi retirado com objetivo de se obter um espectro mais reativo da luz, bem como, foi fixada uma lente biconvexa na saída de luz do projetor para diminuir a distancia focal e se obter uma maior concentração de luz na superfície de impressão. O atuador linear utilizado para movimentação vertical da plataforma de impressão é do modelo KR 33 da marca THK, com um fuso de alta precisão com esferas recirculantes, resolução de 20 µm e 200 mm de comprimento útil. A plataforma de impressão e a cuba foram fabricadas em alumínio galvanizado, tendo a superfície de impressão uma área útil de 68 mm x 50 mm, e a cuba as dimensões internas de 60 mm (profundidade) x 70 mm (comprimento) x 55 mm (largura). A impressora 3D protótipo também possui um sistema de espalhamento de matéria prima na superfície de impressão, o qual possibilita o uso de resinas com alta viscosidade, além de gerar camadas mais homogêneas e maior qualidade de impressão. Ainda, foram empregadas placas opacas de acrílico nas laterais do equipamento de MA para reduzir a incidência de luz indesejada do ambiente na superfície de impressão, evitando o processo de fotopolimerização para além das camadas de impressão também aumentando a durabilidade da matéria prima em uso. A imagem apresentada na Fig. 1 ilustra a impressora 3D por DLP montada. O equipamento assim montado permite a fotopolimerização de toda seção transversal da peça por uma determinada espessura, ou seja, uma camada, obtida pela conversão do modelo CAD em formato STL, seguido de fatiamento pelo software de impressão empregado (Creation Workshop® v.1.0.0.75).

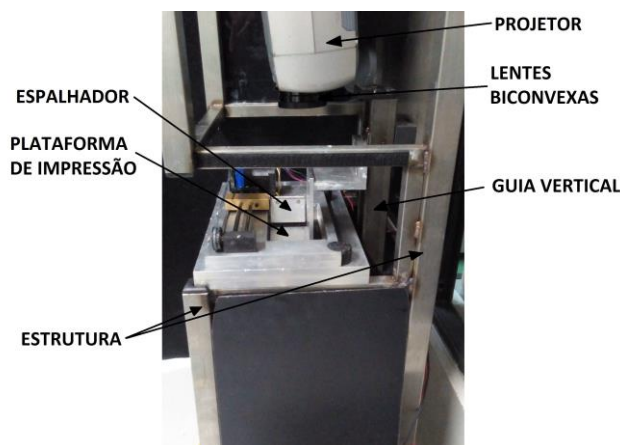


Figura 1. Equipamento para MA por DLP

Duas resinas fotopolimerizáveis comerciais, a Suen Ching (XRC®) e a LS600 (Envisiontec®), foram selecionadas para serem analisadas. Tais matérias primas escolhidas são consideradas de alta resistência no mercado, sendo amplamente utilizadas em várias aplicações, desde a fabricação de modelos no setor odontológico até peças na indústria automotiva, devido às propriedades mecânicas e capacidade de impressão de detalhes dessas resinas. Corpos de prova para ensaios de tração, compressão e flexão, seguindo respectivamente as normas ASTM D638, ASTM D695 e ASTM D790, foram impressos com as duas matérias primas comerciais selecionadas. A direção de construção das peças impressas foi planejada para que os esforços durante os testes mecânicos ocorressem nas direções de maior resistência do material, sendo levada em conta a anisotropia inerente ao processo de MA por camadas. O esquema na Fig. 2 mostra os corpos de prova de tração (A), compressão (B) e flexão (C), assim como a direção de construção.

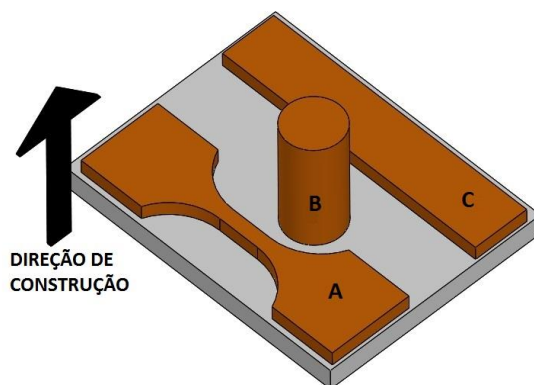


Figura 2. Equipamento para MA por DLP

Os ensaios mecânicos foram realizados com uma máquina universal Bionix (MTS®), célula de carga de 15 kN, e dispositivo de flexão a três pontos com *span* de 40 mm (para os testes de resistência à flexão).

A fim de se verificar quantidades e composição química de cargas inorgânicas presentes nas duas resinas comerciais selecionadas, fragmentos de corpos impressos foram queimados em um forno elétrico Box Furnace (Lindberg®), tendo sido utilizada uma taxa de aquecimento de 5 °C/min até a temperatura de 520 °C, e então o forno foi mantido nessa temperatura por 150 minutos. Para as pesagens, antes e após a queima do material, foi utilizada uma balança de precisão AUW220D (Shimadzu®), com resolução de 0,01 mg. O material remanescente da queima foi analisado em um espectrômetro de fluorescência de raios X, para detecção de elementos químicos com massa atômica superior a 19 u, e para a análise foi utilizado equipamento do modelo EDX 720HS da fabricante Shimadzu.

A primeira formulação acrílica, (Formulação I), foi feita apenas com o monômero polietilenoglicol diacrilato (PEG-DA) e 2,0%*m/m* do fotoiniciador óxido de bifenil (2,4,6-trimetilbenzoi)l fosfina, comumente chamado de Phenylbis, ambos componentes adquiridos da empresa Sigma-Aldrich. A segunda formulação, (Formulação II), foi composta com 80,0%*m/m* de um componente fotopolimerizável à base de 2-hidroxietil metacrilato (HEMA), fabricado pela Kelzer, 19,6%*m/m* de PEG-DA e 0,4%*m/m* de Phenylbis. A terceira formulação, (Formulação III), foi feita com a mesma composição utilizada para a Formulação II, adicionada de 2%*m/m* de nanofibras de carvão de silício (SiC) adquirido da empresa Sigma-Aldrich, e neste caso se objetivou agregar o alto módulo elástico do SiC (440 GPa) à matriz polimérica.

Para as três formulações, as misturas dos componentes foram feitas utilizando o agitador horizontal plano HS 501 Digital (IKA®), com órbita de 30 mm, frequência de 2 Hz e tempo de mistura de 18 h. Após a mistura, foram impressos corpos de prova para ensaios de flexão, com dimensional seguindo a norma ASTM D790, espessura de camada de 0,1 mm e direção de construção como na peça “C” da Fig. 2. Os corpos foram ensaiados com a mesma máquina universal, e dispositivo de flexão a três pontos com *span* de 40 mm, utilizados para os testes com as resinas comerciais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As duas resinas comerciais selecionadas e testadas apresentaram resistências mecânicas relativamente altas, em comparação com outras resinas fotopolimerizáveis disponíveis no mercado, e superior às resistências obtidas em outros processos de MA, por exemplo, com ABS impresso por extrusão de material fundido (Lovo, *et al.*, 2019). Um resumo dos números aferidos nos ensaios mecânicos, com as matérias primas comerciais, é apresentado na Tab. 1.

Tabela 1. Resultados dos ensaios mecânicos com as matérias primas comerciais

Resina	Módulo elástico (GPa)	Resistência à tração (MPa)	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à flexão (MPa)
LS 600	3,1 ± 0,1	54 ± 3	85 ± 4	81 ± 3
Suen Shing	2,7 ± 0,1	45 ± 3	74 ± 3	79 ± 4

Nos gráficos da Fig. 3, são apresentadas as curvas médias obtidas nos ensaios de tração, compressão e flexão com as duas resinas.

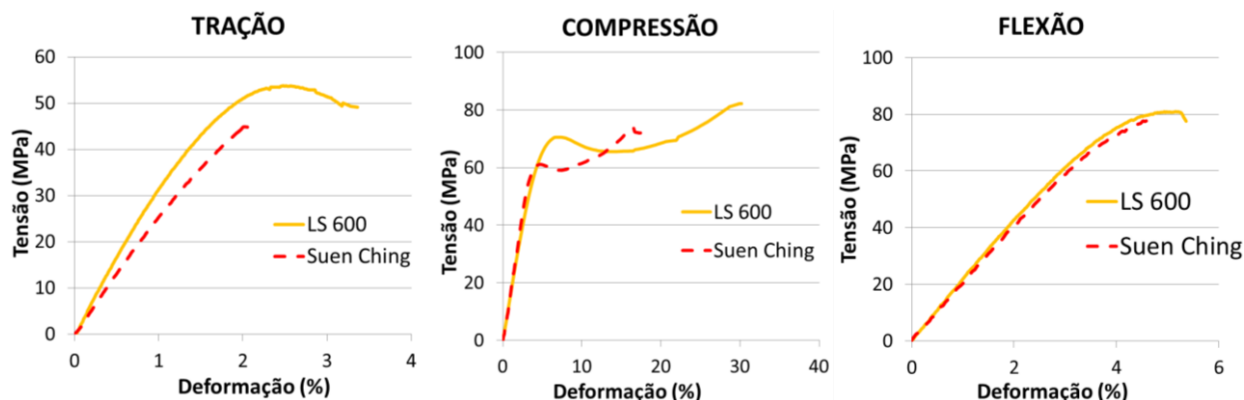


Figura 3. Curvas médias dos ensaios mecânicos com as matérias primas comerciais

Os dois materiais comerciais resistiram a consideráveis tensões trativas, em comparação a outros polímeros processados por MA. A resina LS 600 apresentou módulo elástico, resistência e ductilidade maiores que a Suen Shing, como é possível se observar pelas curvas médias obtidas nos testes de tração. Nos ensaios de compressão, como se vê no gráfico, as duas resinas atingiram consideráveis valores tanto de tensões de escoamento, quanto de tensões máximas. Os dois materiais demonstraram razoável capacidade de deformação sob tensão compressiva (superior a 15%), e foi observado o efeito barril nos corpos de prova durante os ensaios de compressão. Nos testes de flexão as duas resinas apresentaram comportamento e limites de resistências semelhante, tendo ambas atingidos valores na casa dos 80 MPa de resistência à flexão.

Nos ensaios com o espectrômetro de fluorescência de raios X, (EDX), foi observado que as duas matérias primas comerciais são bem distintas, tanto na proporção de aditivos inorgânicos em suas formulações, quanto na composição química desses aditivos. A Tabela 2 mostra resumidamente os resultados obtidos nas análises das cargas inorgânicas.

Tabela 2. Resultados das análises por EDX dos carregamentos inorgânicos das resinas comerciais

Resina	Aditivos inorgânicos	Composição da fração inorgânica (%v/v)
LS 600	0,6% <i>m/m</i>	P 53%; Ti 29%; Al 7%; Cr 3%; Si 3%; outros 5%.
Suen Shing	1,1% <i>m/m</i>	P 40%; Si 30%; Ti 10%; Al 6%; Na 5%; Ca 3%; outros 6%.

Como apresentado na Tab. 2, a resina LS 600 apresentou uma proporção de cargas não orgânicas em sua composição consideravelmente menor que a Suen Shing. Observando a composição da fração inorgânica das matérias

primas analisadas, se constata que os tipos de aditivos que compõem os dois materiais são diferentes, pois, por exemplo, a Suen Shing apresenta considerável quantidade de silício, o que não ocorre na resina LS 600.

Comparando as resistências à tração, compressão e flexão das matérias primas comerciais ensaiadas, com as de outras resinas fotopolimerizáveis usuais de mercado (Relinque, *et al.*, 2020; Asif, *et al.*, 2020), se observa a relativa alta resistência mecânica dos fotopolímeros comerciais testados no presente trabalho, e a verificação da presença de carregamentos inorgânicos, sugere a forte influência dessas cargas nas propriedades mecânicas do material impresso. Comparando ainda, as proporções e composições das frações inorgânicas das resinas LS600 e Suen Ching, e levando em conta os resultados obtidos nos ensaios mecânicos, é plausível inferir que não só a quantidade de carga na formulação, mas possivelmente também, composição química, geometria, alinhamento e funcionalização dos aditivos inorgânicos influem na resistência material fotopolimerizado.

As três formulações propostas apresentaram comportamento mecânico e resistência à flexão distintos uma das outras, devido às diferenças de composição entre as resinas. No gráfico da Fig. 4, são apresentadas as curvas médias obtidas nos ensaios de flexão com os três fotopolímeros formulados em impressos por DLP.

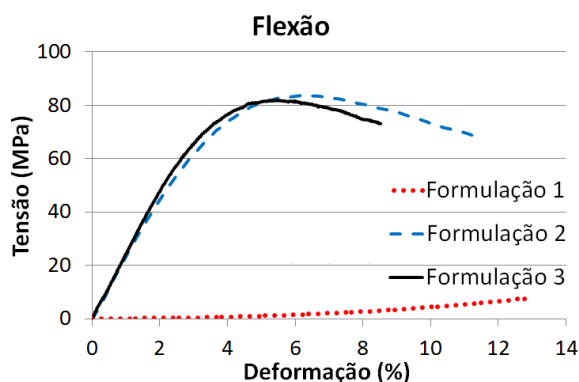


Figura 4. Curvas médias dos ensaios de flexão com as resinas formuladas

A Formulação 1, composta apenas por PEG-DA e fotoiniciador, quando comparada às outras duas resinas formuladas, apresenta uma baixa resistência à flexão (8 ± 1 MPa), e baixo módulo elástico de flexão (menor que 0,1 GPa), porém, demonstrou razoável ductilidade, com deformação máxima superior à 12%. A Formulação 2 apresentou a maior média de resistência à flexão entre os materiais testados no presente trabalho (84 ± 3 MPa), e deformação máxima maior que 10% (consideravelmente superior às alcançadas pelas matérias primas comerciais). Já a Formulação 3, a qual possui 2% m/m de nanofibras de SiC como reforço, apresentou o maior módulo elástico de flexão entre os fotopolímeros ensaiados ($2,3 \pm 0,1$ GPa) e resistência à flexão de 82 ± 3 MPa.

4. CONCLUSÕES

O equipamento protótipo de manufatura aditiva por DLP utilizado se provou adequado para fabricação dos corpos de prova, com as tolerâncias dimensionais e geométricas, conforme previstas nas normas empregadas para esse trabalho. Também, o projetor multimídia comercial utilizado como fonte de luminosa, (sem o filtro ultravioleta e com a lente biconvexa na saída de luz), foi capaz de promover a fotopolimerização das diversas resinas testadas, provando a versatilidade do protótipo para MA por DLP quanto ao uso de diferentes matérias primas.

As matérias primas comerciais analisadas apresentaram considerável resistência mecânica, e os resultados obtidos nos ensaios de tração, compressão e flexão, sugerem a aplicabilidade desses fotopolímeros na fabricação de peças finais. A presença de cargas inorgânicas, verificadas nessas resinas de alto desempenho, inspira a adição de reforços não poliméricos nas composições de matérias primas fotopolimerizáveis para MA, de modo a se conseguir uma maior resistência mecânica com os materiais impressos.

Os resultados obtidos com as resinas de base acrílica formuladas, demonstram a grande variação nas propriedades mecânicas, de acordo com os tipos de monômeros na composição dos materiais fotopoliméricos processados por DLP. E os valores atingidos nos ensaios de flexão com a Formulação 2 e a Formulação 3 motivam o desenvolvimento de trabalhos futuros, testando outros tipos de monômeros, bem como a funcionalização e alinhamento dos reforços inorgânicos, na composição de novas matérias primas para MA por fotopolimerização.

5. REFERÊNCIAS

Davoudinejad, A., Ribo, M.M., Pedersen, D. B., Islam, A. e Tosello, G., 2018. "Direct fabrication of bio-inspired gecko-like geometries with vat polymerization additive manufacturing method." *Journal of Micromechanics and Microengineering*, Vol. 28, p. 1-10

- Asif, S. Chansoria, P. e Shirwaiker, R., 2020. "Ultrasound-assisted vat photopolymerization 3D printing of preferentially organized carbon fiber reinforced polymer composites." *Journal of Manufacturing Processes*, Vol. 56, p. 1340–1343.
- Aznarte, E., Ayrançi, C. e Qureshi, A. J., 2017. "Digital light processing (DLP): anisotropic tensile considerations." In *Proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium*. Austin, EUA.
- Chanda, A., Sinha, A.K. e Datla, N.V., 2019. "Tribology international tribological studies of epoxy-carbon nanofiber composites – effect of nanofiber alignment using ac electric field." *Tribology International*, Vol. 138, p. 450–462.
- Chartrain, N.A., Williams, C.B. e Whittington, A.R., 2018. "A review on fabricating tissue scaffolds using vat photopolymerization." *Acta Biomaterialia*, Vol. 74, p. 90–111.
- Wu, D., Zhao, Z., Zhang, Q., Qi, H.J. e Fang, D., 2019. "Mechanics of shape distortion of DLP 3D printed structures during uv post – curing". *Soft Matter*, Vol. 15, p. 6151–6159.
- Gibson, I., Rosen, D. e Stucker B., 2014. *Additive Manufacturing Technologies*. Springer Science, New York, 2ª edição.
- Guerra, A.J., Padilla, H.L., Becker, M.L. e Rodriguez, C.A., 2019. "Photopolymerizable resins for 3D-printing solid-cured tissue engineered implants". *Current Drug Targets*, Vol. 20, p. 823–838.
- Hoseong, H. e Cho, S., 2018. "Fabrication of conducting polyacrylate resin solution with polyaniline nanofiber and graphene for conductive 3D printing application". *Polymers*, Vol. 10, p. 1003–1011.
- Kim, H., Lin, Y. e Tseng, T.B., 2018. "A review on quality control in additive manufacturing." *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 24, p. 645–669.
- Lakhdar, Y., Tuck, C., Binner, J., Terry, A. e Goodridge, R., 2021. "Additive manufacturing of advanced ceramic materials". *Progress in Materials Science*, Vol. 116, p. 1–50.
- Li, V.C., Kuang, X., Mulyadi, A., Hamel, C.M., Deng, Y., e Qi, H.J., 2019. "3D printed cellulose nanocrystal composites through digital light processing." *Cellulose*, Vol. 26, p. 3973–3985.
- Li, Y., Li, W., Deng, Y., Shao, J., Ma, J., Tao, Y. e Kou, H., 2018. "Temperature-dependent longitudinal tensile strength model for short-fiber-reinforced polymer composites considering fiber orientation and fiber length distribution." *Journal of Materials Science*, Vol. 53, p. 12190–12202.
- Lovo, J.F.P., Camargo, I.L., Araujo, L.A.O. e Fortulan, C.A., 2019. "Mechanical structural design based on additive manufacturing and internal reinforcement." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, Vol. 234, p. 417–426.
- Löwa, N., Fabert, J., Gutkelch, D., Paysen, H., Kosch, O. e Wiekhorst, F., 2019. "3D-printing of novel magnetic composites based on magnetic nanoparticles and photopolymers." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 469, p. 456–460.
- Medellin, A., Du, W., Miao, G., Zou, J., Pei, Z. and Ma, C., 2019. "Vat Photopolymerization 3D Printing of Nanocomposites: A Literature Review." *Journal of Micro and Nano-Manufacturing*, Vol. 7, p. 1–11.
- Nguyen, H.X., Suen, H., Poudel, B., Kwon, P. e Chung, H., 2020. "Development of an innovative, high speed, large-scaled, and affordable metal additive manufacturing process." *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 69, p.177–180.
- Olmos, L.G., Lovo, J.F.P., Camargo, I.L., Consoni, C.R. e Fortulan, C.A., 2017. "3D DLP additive manufacturing: printer and validation." In *Proceedings of the 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering*. Curitiba, Brazil.
- Relinque, J.J., Romero-Ocaña, I., Navas-Martos, F.J., Delgado, F.J., Domínguez, M. e Molina, S.I., 2020. "Synthesis and characterisation of acrylic resin-Al powder composites suitable for additive manufacturing." *Polymers*, Vol. 12, p. 1–18.
- Tofail, S.A.M., Koumoulos, E.P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L. e Charitidis, C., 2018. "Additive manufacturing : scientific and technological challenges, market uptake and opportunities." *Materials Today*, Vol. 21, p. 22–37.
- Ahrens, C.H., 2017. Processos de AM por fotopolimerização em cuba. In: Volpato, N. (Org.), 2017. *Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D*. Edgard Blücher, São Paulo, 1ª edição.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

STUDY AND FORMULATION OF RAW MATERIALS FOR 3D PRINTING BY PHOTOPOLYMERIZATION

João Fiore Parreira Lovo

Department of Mechanical Engineering, Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, Av. Trab. Saocarlene, 400, São Carlos, SP, Brazil, 13.565-090
joao.lovo@usp.br

Roberto Ramon Mendonça

Institute of Education, Science and Technology of São Paulo - IFSP. Estrada Municipal Paulo Eduardo de Almeida Prado, s/n. São Carlos, SP, Brazil, 13.565-820
rr.mendonca@ifsp.edu.br

Ítalo Leite de Camargo

Institute of Education, Science and Technology of São Paulo - IFSP. Av. Primeiro de Maio, 500. Itaquaquecetuba, SP, Brazil, 08.571-850
italodecamargo@gmail.com

Carlos Alberto Fortulan

Department of Mechanical Engineering, Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, Av. Trab. Saocarlene, 400, São Carlos, SP, Brazil, 13.565-090
fortulan@usp.br

Abstract. *With a focus on mechanical properties and manufactured objects quality, new materials and equipment based on photopolymerization, they are responsible for the evolution of the finishing and the mechanical resistance of the 3D printed parts, making it feasible and boosting the Additive Manufacturing (AM) use into increasing sectors of the industry and the services. The present work aims to analyze certain commercial materials and to testing some formulations of resins for AM by vat photopolymerization, it is evaluating the mechanical properties of the printed materials. Two commercial raw materials and three acrylic resins formulations were proposed, mechanically tested and evaluated for inorganic additives. For the 3D printings, it was used a prototype equipment for AM by Digital Light Processing (DLP), with a commercial multimedia projector as the light source. The commercial resins and other resins formulated in this work proved to be of high mechanical performance, with a flexural strength around the 80 MPa. It was also verified the relationship between the monomers types composition and the printed material mechanical resistance. The numerical results obtained, the manufacturing quality achieved with a simple 3D printer prototype by DLP, as well the raw materials formulations possibilities, motivate some future development of materials and devices for AM by photopolymerization.*

Keywords: *Additive Manufacturing, Photopolymers, 3D printer.*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.