



A UTILIZAÇÃO DA MANUFATURA ADITIVA CONTRA A PANDEMIA DO COVID-19

THE USE OF ADDITIVE MANUFACTURING AGAINST THE COVID-19 PANDEMIC

Carlos Marcelo Pereira¹, Thiago Milanez Cypreste², Natan Augusto Costa Fassarella³, Emows Matias Lemos³, Tiago Antonio de Araujo⁴

¹Graduação em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais PUC MG, Graduação em Administração pela Faculdade de Ciências Econômicas de Colatina FICAB, Especialização em Metodologia do Ensino Superior pela Faculdades Unidas de Suzano e Mestrado em Educação, Administração e Comunicação pela Universidade São Marcos. Professor do Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC). ²Engenheiro Civil pelo Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC). ³Engenheiro Mecânico pelo Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC). ⁴Mestre em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento pela Fundação Mineira de Educação e Cultura - FUMEC/FACE e Graduado em Redes de Computadores pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES., Professor do Centro Universitário do Espírito Santo – UNESC.

RESUMO

O presente artigo visa relatar as atividades produzidas nos laboratórios de Engenharia do Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC), na cidade de Colatina – ES, diante da crise pandêmica do COVID-19, sendo essas atividades realizadas por meio da utilização da manufatura aditiva, também conhecida como impressão 3D, softwares baseados em computer-aided design (CAD) e sistemas de gerenciamento e comunicação online, com o objetivo de produzir diversos produtos de maneira a auxiliar as necessidades existentes do Hospital e Maternidade São José (HMSJ) e demais demandas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) e do Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC) durante o enfrentamento da pandemia. A confecção de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletivo (EPC) contribui no combate à propagação do vírus do COVID-19, auxiliando na segurança dos profissionais de saúde, dos pacientes e dos postos de trabalhos considerados essenciais para manutenção da sociedade e da população em geral. A atividade atendeu às demandas de produtos necessárias às instituições para continuar o seu funcionamento, sem que houvesse a interrupção dos serviços, contribuindo com o contínuo atendimento às diferentes necessidades que surgem diante dos diversos cenários da crise.

Palavras-chave: COVID-19, Corona vírus, Pandemia, Manufatura Aditiva, Impressão 3D.

ABSTRACT

This article aims to report the activities produced in the Engineering labs of University Center of Espírito Santo (UNESC) in the city of Colatina - ES in face of the pandemic crisis of COVID-19. These activities were carried out through the use of additive manufacturing, also known as 3D printing, software based on computer-aided design (CAD), and online management and communications systems to produce several



products to help the needs at Hospital and Maternity São José (HMSJ), and other demands of Federal Institute of Espírito Santo (IFES) and University Center of Espírito Santo (UNESC) during the pandemic. The making of Personal Protective Equipment (PPE) and Collective Protection Equipment (CPE) contributes to combating the spread of the COVID-19 virus, assisting in the safety of health professionals, patients, and jobs considered essential for maintaining society and the general population. The activity met the demands for products needed by the institutions to continue operating, without interrupting services, contributing to the continuous attendance to the different needs that arise in the face of different crisis scenarios.

Keywords: COVID-19, Coronavirus, Pandemic, Additive Manufacturing, 3D Printing.

INTRODUÇÃO

O Corona vírus é uma doença patológica que afeta as diferentes espécies de animais, sendo alguns deles, inclusive, capazes de infectar a espécie humana; causam, principalmente, problemas intestinais e respiratórios, podendo ser leves, moderados ou severos e levando o paciente ao óbito (JORGE *et al.*, 2020). A história da humanidade tem passado por diversos surtos desse tipo recentemente, como, por exemplo, o surto da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), que ocorreu no Sudeste da China e Hong Kong no fim do ano de 2002, e o surto da Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS) em meados de julho de 2012 (DE WILDE *et al.*, 2018). Em dezembro de 2019 surgiu um novo tipo de Corona vírus, identificado primeiramente na cidade de Wuhan, na China, o SARS-CoV-2, popularmente conhecido como COVID-19 (reconhecido pela OMS como pandemia em março de 2020), sendo o principal problema sanitário enfrentado no século XXI (WHO, 2020).

Segundo De Moraes (2020), um dos grandes problemas enfrentados durante a crise é o risco que os profissionais da assistência hospitalar e os profissionais dos considerados serviços essenciais sofrem, podendo causar a eles, bem como a seus familiares, danos à saúde. A adoção de medidas de biossegurança como a atualização de equipamentos de proteção é de extrema importância para se evitarem as temeridades a que esses trabalhadores estão expostos. O consumo de produtos essenciais para a garantia da segurança e manutenção da vida aumentou consideravelmente. Dessa forma, os meios de produção convencionais e as linhas de abastecimento acabam por se sobrecarregar, criando uma demanda que pode ser enfrentada com a ajuda da tecnologia da Indústria 4.0. A manufatura aditiva,

também conhecida como impressão 3D, é uma das tecnologias mais promissoras utilizadas no combate à pandemia do COVID-19. A necessidade de produtos cada vez mais complexos e detalhados, com tempo de produção reduzida em relação às formas tradicionais de manufatura e uma logística mais simplificada devido a sua descentralização, tem transformado o trabalho durante a crise de maneira a garantir a eficácia dos profissionais nos hospitais, clínicas, ambulatórios e demais áreas (JAVOID *et al.*, 2020).

Enfatizando a importância da impressão 3D no combate à pandemia do COVID-19, bem como o esforço mundial na busca de soluções que visam suprir as carências que os profissionais enfrentam diante da crise sanitária e econômica que os países afrontam, este trabalho visa relatar as atividades produzidas nos laboratórios de Engenharia do Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC), com o objetivo de auxiliar as demandas sanitárias dos profissionais de saúde do Hospital e Maternidade São José (HMSJ) e demais necessidades da comunidade acadêmica advindas do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) e do Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC).

As atividades utilizaram como ferramentas as impressoras 3D, softwares baseados em computer-aided design (CAD) e sistemas de gerenciamento e comunicação online para gestão da equipe, produzindo diversos produtos que atendessem às necessidades propostas.

1 A IMPRESSÃO 3D

O princípio de funcionamento da impressão 3D, conforme apresentado na Figura 01, baseia-se na geração de objetos tridimensionais por meio de softwares CAD 3D. Esses objetos são exportados para um formato de malha 3D compatível com softwares de fatiamento, que será responsável pela geração das camadas de impressão 2D, o percurso em cada camada é definido pelas coordenadas dos eixos X e Y, a alternância entre camadas é feita pelo eixo Z, e o conjunto dos movimentos dos três eixos direcionam o deslocamento do bico extrusor.

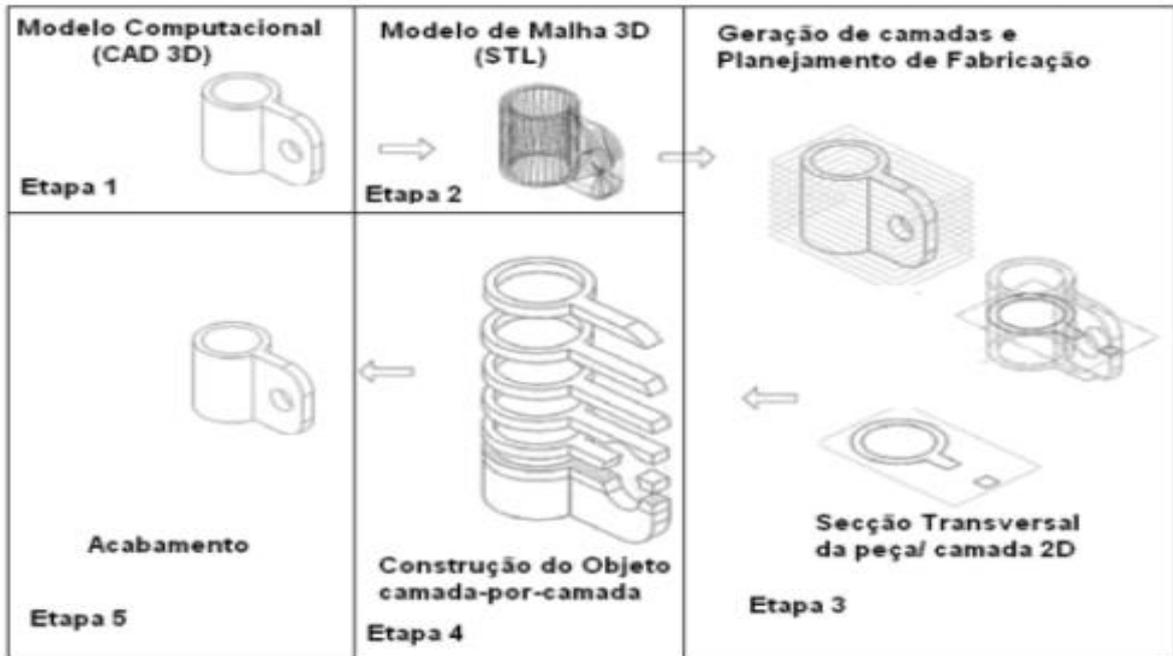


Figura 01 – Representação esquemática do princípio básico de funcionamento das impressoras 3D. Fonte: Cunico, 2015.

A fabricação de objetos camada-por-camada teve início na década de 80 e era principalmente difundida no meio industrial para a construção de protótipos, sem a necessidade de moldes ou de processos subtrativos. Com o passar do tempo e maturidade tecnológica, esses métodos de produção foram sendo aplicados às mais diversas áreas de atuação, sendo disseminados entre a população civil (CUNICO, 2015).

A primeira técnica de impressão 3D foi a estereolitografia ou *Stereolithography* (SLA), que consiste na polimerização fotossensível de camadas finas de resina por meio da radiação UV. Outra técnica que surgiu logo após foi a *Fused Deposition Modeling* ou modelagem de deposição fundida (FDM), que consiste na extrusão e deposição por camada de termoplásticos ou metais eutéticos. Posteriormente, a *Selective Laser Sintering* ou sinterização a laser (SLS) e a *Selective Laser Melting* ou derretimento a laser (SLM) se destacaram nos cenários da impressão 3D, ambas sendo utilizadas com matérias-primas à base de polímeros, cerâmicas e ligas metálicas como titânio e o aço inoxidável para a confecção de objetos por meio da fusão de grãos em camadas. Outra tecnologia revolucionária foi a *Polyjet*, que é a criação de objetos por meio da combinação de resinas e foto polímeros através da polimerização (DABAGUE, 2014).

2 DEMANDA E PRODUÇÃO NOS LABORATÓRIOS DO UNESC

Com o advento da Pandemia do COVID-19, gerando uma escassez de produtos de biossegurança que poderiam afetar os sistemas de saúde em Colatina-ES e demais cidades, as Instituições de Ensino, que possuem um papel fundamental nas ações sociais desenvolvidas no município, uniram-se em prol da resolução desse problema através de um projeto multidisciplinar, envolvendo professores, engenheiros, desenvolvedores de sistemas, médicos, químicos etc., cooperando entre si por meio do compartilhamento de experiências, aprendizados e insumos.

O UNESC é uma instituição de ensino voltada para a educação superior. Surgiu com o objetivo de proporcionar à juventude, no final da década de 1960, a oportunidade de um curso universitário. A instituição se expandiu e, com amplos investimentos em infraestrutura, alcançou, em outubro de 2000 o status de Centro Universitário do Espírito Santo.

Os laboratórios de Engenharia do Centro Tecnológico do UNESC, situado no Campus Colatina-ES, utilizaram, no enfrentamento da pandemia, cinco (05) impressoras 3D do tipo FDM, com filamentos termoplásticos à base de Ácido Polilático (PLA). O PLA pertence à família dos poliésteres alifáticos, tipicamente produzido a partir do milho ou outros materiais renováveis semelhantes e, devido a isso, possui boa processabilidade térmica, reológica e também a característica de ser biodegradável, biocompatível e não tóxico, o que auxilia na sua utilização em ambientes hospitalares e facilita o correto descarte após o seu uso (SANTANA, 2016). As etapas do projeto estão descritas a seguir:

2.1 A ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DO TRABALHO

O isolamento social mudou a cultura do trabalho e a forma como ele é realizado. Medidas de controle sanitárias foram implantadas e as reuniões necessitaram migrar do ambiente físico para o ambiente virtual. Uma das ferramentas utilizadas no projeto foi a plataforma *Trello*, mostrada na Figura 02, onde foi elaborado o cronograma de produção. Outras ferramentas utilizadas em conjunto pelo grupo foram o *Whatsapp* e o *Zoom*, permitindo uma comunicação imediata com todos os participantes em tempo real e garantindo a segurança dos participantes sem comprometer o andamento do projeto. Entretanto, a produção necessitava se concentrar em um local adequado para a operação das impressoras

3D; a manufatura deu-se, então, no Centro Tecnológico do UNESC, sendo controlada a circulação de pessoas, fazendo-se obrigatório o uso de máscaras de proteção, conforme a Figura 03 mostra abaixo.

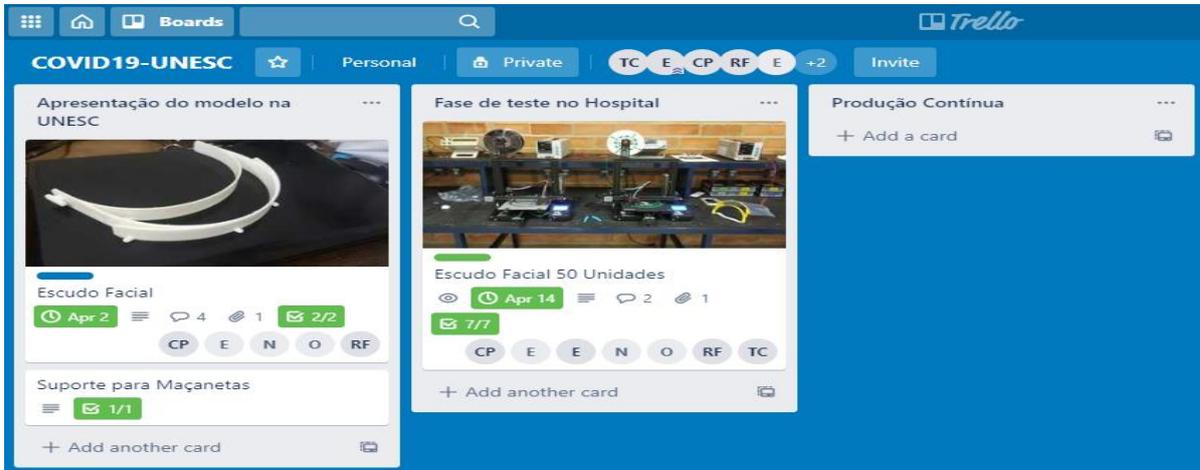


Figura 02 – Plataforma Interativa Trello para gestão e cronograma.
Fonte: Autores, 2020.



Figura 03 – Manuseio das impressoras 3D com equipamentos de proteção.
Fonte: Autores, 2020.

2.2 O FACE SHIELD

O face shield é um equipamento de proteção individual que visa proteger a face do usuário contra respingos, objetos arremessados, produtos químicos ou materiais potencialmente infecciosos. É composto por peças de plástico fabricadas pela impressão 3D, uma lâmina de acetato e um elástico para fixação na cabeça do usuário.

O projeto do face shield passou por diversas alterações durante os cinco meses de atividades, tendo por base o modelo Prusa Protective Face Shield RC3 disponibilizado em código aberto pela Prusa Printers. O modelo foi customizado pelo IFES e pelo UNESC por meio do software *Autodesk Inventor*, com o objetivo de otimizar o processo de produção e atender às necessidades locais do HMSJ e demais solicitações do IFES e UNESC. O arquivo foi exportado para o formato *Standard Tessellation Language (STL)*, que é o formato tridimensional mais aceito no mercado pelos softwares de fatiamento, aplicando o software *Ultimaker Cura* para a geração da Malha de impressão.

As configurações para a extrusão foram ajustadas tendo como princípio o tipo de filamento. A estocagem e armazenamento dos face shields foram realizadas no próprio laboratório, sendo guardados em cinco unidades por embalagem de plástico, garantindo a proteção do face shield tanto para arranhões, quanto para o risco de contaminação biológica, sendo exemplificado na Figura 04.



Figura 04 – Face shields produzidos e embalados no UNESC.
Fonte: Autores, 2020.

2.3 O VÍDEO-LARINGOSCÓPIO

O vídeo-laringoscópio é um laringoscópio com uma câmera acoplada em sua extremidade, prevenindo a aproximação do rosto entre médico e paciente, é sendo utilizada nos exames de laringe e faringe, e na intubação endotraqueal auxilia na exposição adequada das cordas vocais, facilitando o procedimento de intubação e possibilitando a ventilação do paciente.

A produção do vídeo-laringoscópio, como demonstra as Figuras 05 e 06, surgiu por uma demanda da Unidade de Tratamento Intensivo do HMSJ. O modelo produzido no laboratório teve como base as lâminas fabricadas pela ONG *Air Angel*, que disponibilizou o projeto em código aberto, sendo adaptado para uma melhor otimização do tempo de impressão e melhor fixação da câmera e cabo USB.

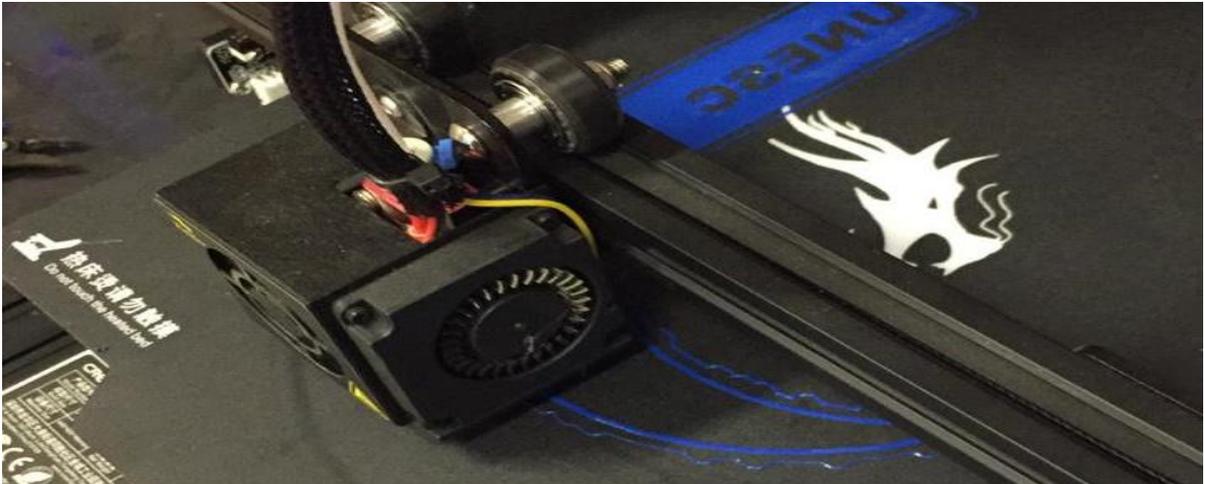


Figura 05 – Produção do vídeo-laringoscópio na impressora 3D.
Fonte: Autores, 2020.



Figura 06 – Vídeo-laringoscópio produzido no UNESC para atender a demanda do HMSJ.
Fonte: Autores, 2020.

2.4 MAÇANETA DE SEGURANÇA DE BAIXO CUSTO

Uma das preocupações relatadas pelos profissionais de saúde é o risco de contaminação ao abrir e fechar as portas nas unidades médicas. Com o problema exposto, os professores, egressos e profissionais do UNESC se uniram para elaborar uma alternativa de baixo custo. O projeto desenvolvido, ilustrado na Figura

07, fez uso da impressão 3D e considerou a utilização da própria maçaneta do hospital, circundando a alça da maçaneta e criando um suporte que permitirá abrir e fechar a porta com o antebraço ou cotovelo.

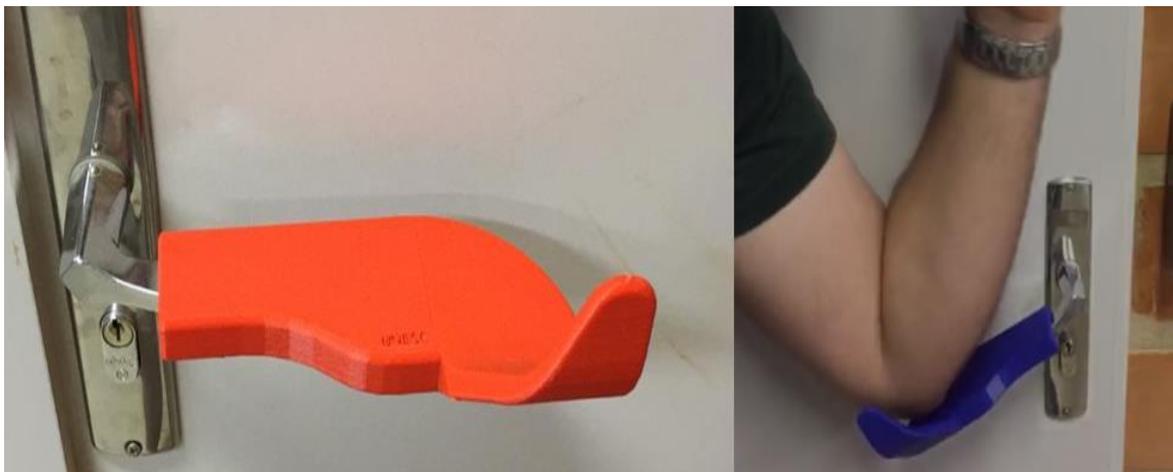


Figura 07 – Maçaneta de segurança de baixo custo para abertura de porta utilizando o antebraço ou cotovelo.

Fonte: Autores, 2020.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto teve início no dia 07 de abril de 2020 e foi concluído em 31 de agosto de 2020, sendo utilizados aproximadamente 40 Kg de filamento termoplástico, à base de PLA de cores variadas, nesse período de cinco meses. O trabalho foi realizado de segunda a sexta, nos horários de 09h às 12h e 14h às 19h, e os resultados estão descritos a seguir.

Foram produzidos, no total, 777 face shields, sendo estes entregues ao HMSJ, Unidades de Saúde em Colatina e municípios vizinhos, Clínicas odontológicas, Polícia Militar e setores do UNESC, como Hospital Veterinário, Assistência Judiciária, UNESC Saúde, dentre outros. O face shield é uma ferramenta de controle sanitário que ajuda no combate à propagação do COVID-19, na redução da disseminação do vírus e tem por objetivo evitar o colapso do sistema de saúde por meio do “achatamento da curva”, como é conhecido popularmente. O termo se refere à curva de contágio do vírus. Em uma crise pandêmica, essa curva cresce exponencialmente, de forma a sobrecarregar os leitos de hospitais e, se não for controlada, pode fazer com que o atendimento médico entre em falência, aumentando, conseqüentemente, o número de óbitos.

Os casos graves da doença são encaminhados para a UTI; regularmente os pacientes necessitam ser intubados e o auxílio do laringoscópio é essencial para a ventilação do paciente. Com o risco de sobrecarga nos leitos e a falta de equipamentos médicos em quantidade necessária, foram confeccionados e entregues seis vídeo-laringoscópios para a UTI do HMSJ de forma a auxiliar no tratamento.

Os ambulatórios e salas dos hospitais possuem uma grande circulação de pessoas. O contato com a maçaneta das portas tem potencial para acarretar na transmissão do vírus do COVID-19. Instrumentos de segurança que criem barreiras sanitárias dificultando a proliferação de doenças, considerando o custo e facilidade de produção, auxiliam principalmente os ambientes mais carentes de recursos voltados à infraestrutura. Diante dessa necessidade, foram fabricadas 80 maçanetas de segurança de baixo custo, sendo estas empregadas em fase de teste no HMSJ para avaliação.

CONCLUSÃO

Os equipamentos como o face shield, o vídeo-laringoscópio e demais materiais necessários para o enfrentamento da pandemia apresentam escassez devido a sua grande procura no mercado, dificultando a sua aquisição em quantidade necessária para o correto funcionamento dos estabelecimentos. Entretanto, a produção no Centro Tecnológico do UNESC contornou tal situação suprindo a carência desses equipamentos. As atividades produzidas pelo projeto atendem às demandas que surgem diante do cenário de crise pandêmica, auxiliam no correto funcionamento do HMSJ, do UNESC e das demais instituições alcançadas. Evidentemente, os equipamentos desenvolvidos pelo projeto não combatem a pandemia *per si*, sendo necessária a atuação em conjunto com demais fatores, além do uso dos equipamentos de maneira adequada.

A falta de suprimentos pode ocasionar o colapso do sistema de saúde e agravar a situação, gerando a interrupção dos serviços à comunidade. O trabalho desenvolvido não só contribui para sanar o problema supracitado, mas também alivia a cadeia logística como um todo. A descentralização da produção de equipamentos colabora para munir, de maneira mais ágil e localizada, as frentes de combate à pandemia do COVID-19.

Entretanto, a quantidade de equipamentos produzidos limita-se pelo tempo de impressão de cada impressora 3D. A tecnologia da manufatura aditiva apresenta diversas vantagens no processo de produção, contudo, o tempo de fabricação é um fator relevante e não pode ser desprezado na confecção de equipamentos em larga escala. Esse fator deverá ser considerado em todas as etapas, desde a concepção, a modelagem do produto, a geração das camadas de impressão e a fase de acabamento e embalagem. O operador deve otimizar todo o processo, buscando o equilíbrio entre o tempo e o detalhamento que deseja ser alcançado no final.

Posteriormente, serão necessários novos estudos para análise qualitativa dos equipamentos, por meio da realização de ensaios de resistência e fadiga, visando a segurança e determinação da vida útil dos materiais. São necessários, também, estudos dos efeitos gerados pelo uso dos equipamentos desenvolvidos nas instituições alcançadas pelo projeto durante o período que compreende os dias de hoje e o após a crise do COVID-19.

AGRADECIMENTOS

A toda equipe do Hospital e Maternidade São José, em especial aos técnicos, enfermeiros, médicos e demais profissionais que estão na linha de frente dessa batalha, por avaliarem e prestarem informações quanto à utilização dos equipamentos de biossegurança produzidos.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo, que compartilhou o seu espírito do saber e de comunidade no desenvolvimento do projeto.

Ao Centro Universitário do Espírito Santo, em especial aos colaboradores e professores que estiveram diariamente envolvidos com o projeto, direta ou indiretamente, garantindo sua segurança e desenvolvimento.

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Honório Fraga”, por acreditar no voluntariado e confiar ao projeto uma impressora 3D e filamento.

REFERÊNCIAS

AIR ANGEL. **Lâminas para adultos AirAngel Standard**. Disponível em: <<https://pt.airangelblade.org/download>>. Acesso em: 14 set. 2020.

AUTODESK INVENTOR. **Software CAD 3D profissional para engenharia e projetos de produtos**. EUA. 2019. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/inventor/overview>>. Acesso em: 14 set. 2020.

CUNICO, M. W. M. **Impressoras 3D: o novo meio produtivo**. Curitiba: Concep3D, 2015.

DABAGUE, L. A. M. **O processo de inovação no segmento de impressoras 3D**. 2014. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) – Curso de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

DE MORAES, E. B.; SANCHEZ, M. C. O.; VALENTE, G. S. C.; DE SOUZA, D. F.; NASSAR, P. R. B. A segurança dos profissionais de saúde em tempos de COVID-19: uma reflexão. **Research, Society and Development**. v.9, n.7, 2020. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3832>>. Acesso em: 14 set. 2020.

DE WILDE, A. H.; SNIJDER, E. J.; KIKKERT, M.; VAN HEMERT, M. J. Host Factors in Coronavirus Replication. *Current Topics in Microbiology and Immunology*. **Springer International Publishing**, v.419, p.1-42. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/82_2017_25>. Acesso em: 14 set. 2020.

JAVAID, M.; HALEEM, A.; VAISHYA, R.; BAHL, S.; SUMAN, R.; VAISH, A. Industry 4.0 Technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome*. **Clinical Research & Reviews**, v.14, p.419-422, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.04.032>>. Acesso em: 14 set. 2020.

JORGE, E. F.; FERNANDES, V. A. A.; ARAÚJO, M.; BRITO, L.; FERRAZ, F.; SABA, H.; TANURE, M.; LOBATO, P.; BARRETO, E.; GARCEZ, B. Face Shield for Life 3D: produção colaborativa, usando a comunidade de *makers*, dos protetores faciais padrão RC3 para os profissionais de saúde em Salvador. **Cadernos de Prospecção**, v.13, n.2, p.514-525, 2020. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/36174>>. Acesso em: 14 set. 2020.

SANTANA, L.; AHRENS, C. H.; NETTO, A. C. S.; DE OLIVEIRA, G. M. B.; MERLINI, C. **Avaliação da composição química e das características térmicas de filamentos de PLA para impressoras 3D de código aberto**. In: IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Fortaleza. 2016.

PRUSA PRINTERS. **3D printed face Shields for medics and professionals**. República Tcheca. 2020. Disponível em: <<https://www.prusa3d.com/covid19/>> Acesso em: 14 set. 2020.

TRELLO. **O Trello ajuda os times a trabalhar com mais colaboração e ter mais produtividade**. Austrália. Disponível em: <<https://trello.com/home>>. Acesso em: 10 set. 2020.

ULTIMAKER CURA. **Software that makes the grade**. Disponível em: <<https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>>. Acesso em: 14 set. 2020.

WHATSAPP. **Troque mensagens com confiança**. EUA. Disponível em: <<https://www.whatsapp.com/>>. Acesso em: 10 set. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Coronavirus disease (COVID-19) outbreak**. Genebra. 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>> Acesso em: 10 set. 2020.

ZOOM VIDEO COMMUNICATIONS. **Videoconferência Empresarial e Web Conferência**. EUA. Disponível em: <<https://zoom.us/pt-pt/meetings.html>>. Acesso em: 10 set. 2020.