

CONSTRUÇÃO DE UM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO DE CARGA UTILIZANDO MATERIAL RECICLADO POR MEIO DA MANUFATURA ADITIVA

Ketholly Thaynara Paula Farias ¹
Adevair Santos Souza ¹

Resumo: Este artigo tem como objetivo demonstrar a viabilidade da utilização de materiais recicláveis para o desenvolvimento de um drone de carga desenvolvido na impressão 3D. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, a partir de ensaios experimentais, seguindo em quatro etapas, inicialmente foi feito o estudo teórico para definição da temática e realizar um breve referencial teórico sobre a temática estudada, a segunda etapa relata à fabricação de filamentos com o polímero ABS, a terceira etapa foi realizado a impressão do Drone para cargas e realizado a montagem do equipamento, a quarta etapa foi realizado um levantamento de trabalhos correlatos como também realizado os resultados dos experimentos de teste de voo. Em relação à viabilidade técnica no processo de fabricação dos filamentos a partir de resíduos reciclados, foi confirmado que é totalmente viável a impressão de peças em relação à qualidade do filamento e dimensões estabelecidas do filamento atingindo a uma espessura de 1.73 mm. Outro resultado encontrado é a fabricação do drone de carga fabricado por meio de um material reciclado, o qual verificou a viabilidade técnica para construção deste veículo. Vale destacar que foi possível observar diante dos experimentos realizados a partir do momento que houve uma queda e danificou a qualidade da peça, a facilidade para realizar a troca da peça, atingindo o objetivo proposto neste artigo.

Palavras-chave: Manufatura Aditiva; Material Reciclado; Drone de Carga; Polímero ABS.

1. INTRODUÇÃO

Este estudo explora a ideia de que a inovação tecnológica tem um impacto positivo no desenvolvimento sustentável. Portanto, é necessário estudar a viabilidade do uso de materiais reciclados para a fabricação de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS), o que pode contribuir para a redução do descarte de resíduos em aterros e lixões públicos, beneficiando o meio ambiente. A relevância desta pesquisa advém do atual foco da indústria nas mudanças do mercado, principalmente as inovações tecnológicas trazidas pela transformação da Revolução Industrial, com o objetivo de agregar valor ao processo produtivo e contribuir para o desenvolvimento sustentável (HOFMANN et al., 2017; SANTOS et al., 2017; DILBEROGLU et al., 2017).

¹ Acadêmicos de Administração Da Faculdade Araguaia.

É relevante descrever como a Indústria 4.0 contribui para a sociedade, que nasceu na Alemanha em meados de 2011 após uma série de estratégias desenhadas para o desenvolvimento de inovações tecnológicas que proporcionam melhorias para a indústria, desde máquinas inteligentes, sensores, equipamentos até controles e auxiliares de produção, sem a necessidade de intervenção humana. Assim, o conceito de Indústria 4.0 é apresentado de forma integrada na intersecção entre computação e automação. Prefere sistemas de produção baseados em algoritmos desenvolvidos para autonomia de produção, permitindo cada vez mais customização (SANTOS et al, 2020).

No entanto, o Japão já está pensando na Sociedade 5.0 ou conhecida também como Indústria 5.0, sendo uma revolução que faz a inter-relação entre homem e máquina, reposicionando as tecnologias para benefício próprio, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida de toda a sociedade. Em outras palavras, a Sociedade 5.0 busca colocar os humanos no centro da inovação e da transformação tecnológica (ENGINE, 2018). O Japão já começou a dar passos nessa direção, com planos específicos de integração profunda da tecnologia, investida em inteligência artificial, robótica, *big data*, caminhões autônomos e entregas via drones.

No século 21, tudo pode ser esperado relacionado ao avanço de várias tecnologias que estão se desenvolvendo em alta velocidade. Esta evolução tecnológica, embora extremamente eficaz em comparação com outras épocas, ainda tem um longo caminho a percorrer, afinal as organizações vêm enfrentando diversas dificuldades em diferentes áreas e novas soluções possíveis surgem a cada dia.

Uma dessas dificuldades diz respeito ao mundo da mobilidade urbana e sua falta de acessibilidade, muitas vezes devido a ineficiências de infraestrutura tanto nas áreas urbanas quanto nas rurais. É nesse contexto de avanços tecnológicos relacionados à complexidade do trânsito em áreas urbanas que o presente trabalho visa investigar os possíveis benefícios do uso de drones para solucionar problemas de entrega urbana.

Embora a utilização de drones para fins audiovisuais tenha uma certa normalidade, não se pode dizer que o mesmo se passe com a sua utilização para fins logísticos. Uma das aplicações nesse ambiente é viabilizar o *delivery* para um serviço conhecido como entrega de última operação logística. Ainda pouca atenção tem sido dada aos desafios operacionais associados, ao avanço desta tecnologia e suas possíveis preocupações.

Portanto, para elucidar ainda mais a aplicabilidade e vantagens dos drones para sistemas comumente utilizados. Dentro do contexto de produção científica, a pesquisa

trata do desenvolvimento de um equipamento produzido pela Manufatura Aditiva, utilizando material reciclado, portanto, indica a necessidade de contribuir com a literatura e buscar resposta à seguinte problemática: “Qual a viabilidade do desenvolvimento de um Drone de Carga de baixo custo utilizando filamentos de materiais reciclados, produzido pela Impressora 3D?”

A resposta para tal questão implicava na necessidade da pesquisa empírica, dado o considerável interesse da comunidade científica sobre o reaproveitamento de resíduo plástico para a fabricação de filamento, especialmente, quanto à sua utilização no processo de MA. Tal interesse se deve ao fato de que no Brasil, ainda são insuficientes as pesquisas acerca do assunto, razão pela qual, este estudo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um VANTS conhecido como Drone *Delivery* para minimizar a produção de resíduos descartados no meio ambiente, por meio da reciclagem, com objetivo de entender qual a capacidade de carga que irá nos proporcionar.

Este artigo está estruturado em cinco capítulos, sendo que no primeiro serão abordados: a caracterização do problema, a justificativa, o problema da pesquisa e a definição dos objetivos. No segundo capítulo será apresentada a revisão bibliográfica, a qual fundamenta a pesquisa, a partir das definições e características do Drone e Manufatura Aditiva e também estudos correlatos. No terceiro capítulo será abordada a metodologia, a qual contém todo o detalhamento do processo da pesquisa, que visa alcançar os objetivos propostos. No quarto capítulo serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios e análise dos achados. Por fim, no quinto capítulo, constam as conclusões do estudo, as limitações da pesquisa empírica e as sugestões para trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa fornece a visão sobre a manufatura aditiva como um dos pilares que compõem o processo da construção do drone, seu contexto, seus benefícios e a sua implantação nas empresas, apresentando também a importância do avanço tecnológico do Drone e suas principais características e vantagens para sua utilização.

2.1 Manufatura aditiva

A *Additive Manufacturing* identificada também como fabricação aditiva, manufatura aditiva por camadas, manufatura digital direta, manufatura instantânea, impressora 3D, compreende uma série de tecnologias nas quais um objeto tridimensional é fabricado camada por camada, com uso de um sistema computacional de planejamento

e controle, o processo de construção é totalmente automatizado e ocorre de maneira relativamente rápida, se comparado com a manufatura tradicional (VOLPATO et al. 2017).

Neste contexto a norma *American Society for Testing and Materials* (ASTM) F2792 (2010) e Gibson et al. (2010) definem o termo Manufatura Aditiva (MA) como o processo de fabricação de um objeto que, diferentemente dos métodos tradicionais de manufatura (MT), une um material feito de camadas a partir de um modelo de projeto 3D.

A MA é caracterizada por uma série de inovações tecnológicas que proporcionam o aprimoramento da indústria por máquinas e equipamentos inteligentes, sendo que o seu objetivo é controlar e auxiliar a produção, devido a sua facilidade de automatização, minimizando consideravelmente a intervenção do operador durante o processo (SANTOS, 2019). Em virtude de seu princípio, a MA possui um enorme potencial para fabricar geometrias complexas, uma vez que transforma uma geometria 3D em uma sequência de geometrias 2D, camadas mais simples (DN Silva · 2020).

A MA para os autores como Hao et al. (2010), Petrick e Simpson (2013), Mani et al. (2014), Chen et al. (2015), Osejos (2016), Volpato et al. (2017) e Santos et al. (2021), diversas vantagens foram demonstradas no processo, dentre as quais se destacam: complexidade das peças, criação de peças customizadas, adaptação e entrada em novos nichos de mercado, fabricação de peças utilizando um único equipamento, redução de peso e maior flexibilidade, redução de desperdício, além da produção de pequenos lotes, a entrada e o transporte de compras da cadeia de suprimentos.

Embora a MA ofereça vantagens, também apresenta limitações, conforme os métodos de Berman (2012), Petrick e Simpson (2013), Huang et al.(2013), Osejos (2016) e Volpato et al. (2017), por exemplo, constatando que as peças são mais lentas para fabricar em comparação com os processos tradicionais; o fato de algumas impressoras 3D serem caras. Além disso, em relação à qualidade das peças, existem alguns defeitos devido à possibilidade de vazios durante o processamento camada a camada.

Vale lembrar que os processos de manufatura MA surgiram devido às limitações do *Computer Numerical Controlled* (CNC), uma máquina de usinagem que possui múltiplas etapas de fabricação de peças que requerem ajuda do operador para reposicionar as peças dentro da máquina (GIBSON et al., 2010), pois todo o processo precisa ser configurado e replanejado, principalmente em relação às partes mais complexas. Para a

geometria das peças, elas são feitas por esta máquina, por isso é necessário definir como esta etapa é realizada para fazer a peça de acordo com o desenho.

Analisando os processos de impressão percebe-se que há uma preocupação com o desperdício de matéria prima. Sendo que o processo tecnológico que será abordado neste estudo é a *Fused Deposition Modeling* (FDM), que é um dos mais utilizados para a fabricação utilizando o método de extrusão, sendo necessário como insumos o uso de filamentos que são produzidos por meio de polímeros, tais como: *Acrilonitrila Butadieno Estireno* (ABS), *Poli Ácido Lático* (PLA) e *Poliestireno modificado com Glicol* (PETG).

Diante disso, pode-se dizer que explorar o tema MA a partir de uma visão sustentável, fornece algumas compreensões e implicações contributivas à sustentabilidade. Na obra de Santos (2019) corrobora que as principais contribuições da MA é que possa contribuir para redução do desperdício de insumos, contribuindo com o impacto ambiental na produção com a utilização dos polímeros recicláveis.

Segundo Ford e Despeisse (2016) contemplam uma discussão em relação as principais vantagens da MA com a latente sustentável, nota-se a reestruturação do produto terá um custo e tempo reduzido e melhor durabilidade do produto, já em relação ao processamento de entrada possui uma maior eficiência de recursos relacionados aos insumos utilizados, outro ponto apresentado, a reparação que irá contribuir para redução de resíduos durante o processo de reparo e conseqüentemente contribuindo para o processo de reciclagem que promove uma melhoria da eficiência dos materiais e uso dos produtos reciclados.

Entretanto as obras Huang et al. (2013), Kreiger et al (2014) e Mançaneres (2016) correlaciona que a preocupação com o meio ambiente, esteja voltada ao processo de reciclagem do material que possa ser considerado como uma alternativa sustentável, sendo que nos estudos discutiram que houve uma redução de 70% do impacto ambiental, quando utilizada a MA fazendo um processo comparativo com a MT.

Apesar de ser um tema extremamente novo, existem alguns receios quando se trata da utilização de materiais recicláveis como insumos para MA, sendo assim, o estudo apresentado por Santos (2019) relatou que o uso desses insumos não interfere negativamente em suas propriedades mecânicas, sendo que a aplicabilidade deste material reciclado tem se mostrado tão eficiente como o material virgem.

Sendo assim, a manufatura aditiva tem sido considerada mais sustentável que os processos de manufatura já estabelecidos, por produzir peças utilizando somente o

necessário, além disso, a matéria prima utilizada pode ser proveniente de resíduos de plásticos passando pelo processo de reciclagem. Inclusive, quando ocorrem erros de impressão que podem ser reciclados por meio de criação de novos filamentos (SANTOS et al., 2018).

Conforme o avanço tecnológico, já é possível encontrar em diversos segmentos a aplicação da MA focada em modelos de visualização de pré-produção. Recentemente, está sendo usada na fabricação de produtos de uso final em aeronaves, restaurações dentárias, implantes médicos, automóveis e também produtos de moda. Sendo que este estudo tem como objetivo principal o desenvolvimento de um Drone de Carga.

2.2 Drone

Os Drones se tornaram cada vez mais populares e passaram a fazer parte do cotidiano da população como também causaram uma revolução na sociedade, mais conhecidos como VANTs eram usados para reconhecimento de terrenos, permitindo uma visão aérea e mais eficiente (MUNARETTO, 2016), segundo Oliveira (2009) com a criação dos primeiros drones, sua utilização buscava fins militares, pois o drone era capaz de alcançar lugares que o ser humano normalmente não seria capaz de chegar com a mesma agilidade e rapidez, sem correr risco de morte, outro ponto importante é a capacidade que o drone consegue suportar ataques com gases tóxicos, assim como participar de ataques aéreos, vasculhar e reconhecer o território inimigo sem que seja notado a sua presença.

Os drones utilizam tecnologias que causam maior autonomia, por ser um objeto controlado, em sua maioria, por um controle remoto, o qual são transmitidos sinais a altas distâncias por meio dos satélites, pelas ondas de rádio e atualmente pelo GPS.

Mesmo que os drones tenham sido criados para uso militar, estes robôs tomaram conta da sociedade civil e urbana pois com essa tecnologia o ser humano viu a possibilidades de gerar imagens de alto nível, como também uma ferramenta facilitadora no campo pela capacidade de ser um equipamento rápido e que consegue desenvolver suas atividades em curto espaço de tempo.

Em 2017, a primeira regulação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) quanto a utilização das aeronaves não tripuladas em solo brasileiro (VANT) entrou em vigor, reforçando o crescimento do mercado e do uso de drones em diversas áreas. A regulamentação dos drones no Brasil é feita por meio de três órgãos: ANAC, ANATEL

e DECEA. Cada órgão é responsável por uma área que envolve a operação dos drones (ANAC, 2021).

No Brasil, o uso de drones em sistemas de segurança eletrônica cresce gradativamente ao longo dos anos, sendo, até mesmo, considerado uma alternativa eficiente para o combate à criminalidade, o governo de São Paulo, por exemplo, está utilizando a tecnologia dos drones para ajudar a identificar criminosos por meio do programa Dronepol publicado no site de São Paulo (2019).

Modernos e resistentes, os equipamentos tornaram-se versáteis, atingindo não só a área de segurança, mas, ainda, a de comunicação, por exemplo, com as fotos e filmagens. Entretanto, não só um meio para reprodução de vídeos e imagens, os drones são utilizados para o uso comercial, uma das funções que o drone vem executando são a entrega de pizza, lanche, medicamentos dentre outras coisas, esta inovação vem trazendo agilidade e economia de tempo como também redução de custos.

A Amazon realizou sua primeira entrega por veículo não tripulado em 2016, e da compra ao produto nas mãos do cliente foram somente 13 minutos.

O uso de drones para o transporte de medicamentos, exames e materiais usados em procedimentos médicos já é bastante comum. Porém os aparelhos poderão ser usados também para transportar órgãos destinados a transplantes. Com a diminuição do tempo de viagem, os drones aumentam as chances de manter os órgãos viáveis, salvando assim a vida de muitos pacientes. Segundo a reportagem apresentada na revista época para negócios (2019) o primeiro teste foi realizado no dia 19 de abril de 2019, pela equipe liderada pelo médico Joseph Scalea, no centro médico da Universidade Maryland, nos Estados Unidos. No teste realizado, o drone transportava um rim para a equipe que realizava uma cirurgia na universidade e que não daria tempo de ser transportado por via terrestre. Com a viabilidade do drone o procedimento salvou a vida de uma paciente com insuficiência renal que recebeu alta poucos dias após a cirurgia.

Segundo a Revista da Farmácia (2019), foi divulgado que a Drogaria Venâncio foi a primeira empresa a realizar uma entrega comercial com um drone totalmente autônomo no Brasil. A experiência aconteceu em Itaipava, no dia 22 de maio de 2019.

Segundo Thiago Calvest (Fundador, sócio e CEO da MyView Soluções com Drones) - Fizemos a primeira entrega comercial no Brasil de um produto – não somente de farmácia, mas de qualquer produto – utilizando um

drone autônomo, ou seja, um drone que decola, voa na direção em que foi programado, evita e desvia de obstáculos, aproxima-se do ponto de entrega, libera a encomenda e retorna ao ponto de origem, sem qualquer interferência ou auxílio humano.

Já a reportagem feita pelo iFood em (2022), juntamente com a Speedbird Aero, foi a primeira empresa do Continente Americano autorizada a realizar entregas usando drones, ou RPAs (Aeronave Remotamente Pilotada), no território brasileiro. O iFood vem testando essa modalidade desde 2020, e foi a primeira foodtech a realizar entregas por meio de drones com as aprovações dos órgãos competentes em toda a América Latina. No final de 2021, o trajeto entre duas cidades diferentes foi testado pela primeira vez, entre Aracaju e Barra dos Coqueiros. O drone atravessou o rio Sergipe a partir do Shopping RioMar Aracaju e percorreu 2,8 quilômetros até Barra dos Coqueiros. Um dos fatos recorrentes que chamaram a atenção foi a capacidade do drone em fazer uma viagem pelo ar reduzindo o tempo que seria gasto durante o percurso driblando o trânsito na capital de Sergipe.

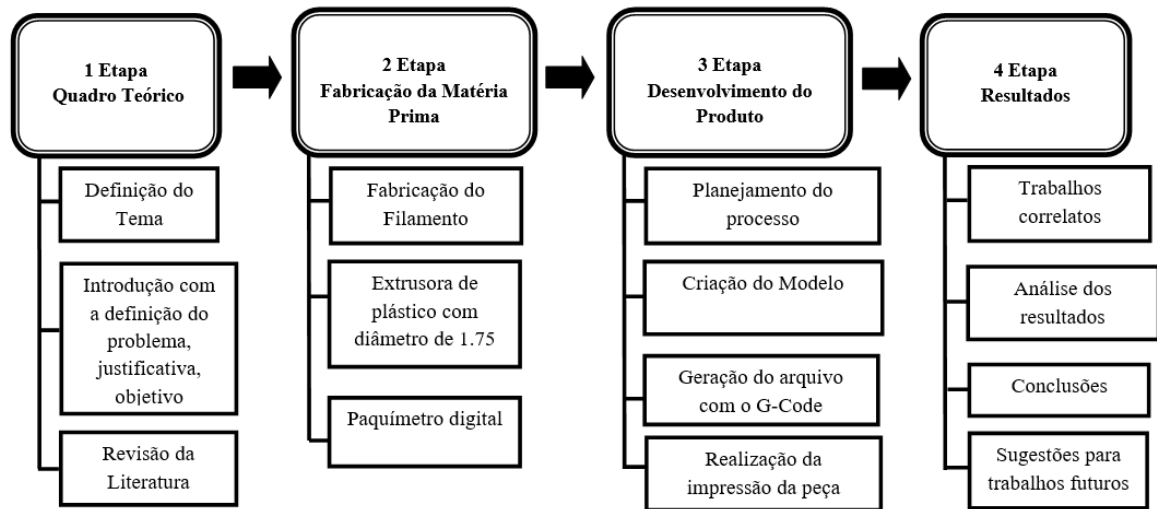
A tecnologia para os drones continua evoluindo, com atualizações e melhorias em seu sistema operacional. Hoje já temos aparelhos mais rápidos e eficientes, com maior tempo de autonomia de voo, sensores e câmeras mais modernas, sistemas anticollisão 360°, além de blindagem para evitar interferência. Seguindo essa tendência, teremos cada vez mais o seu uso em diversas áreas da logística, proporcionando entregas mais rápidas e confiáveis.

3. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo com característica experimental, que tem como objetivo identificar o sujeito da pesquisa, selecionar variáveis que podem afetar o sujeito, definir a forma de controle e observar o efeito da variável sobre o sujeito, nesse método, o pesquisador participa ativamente da pesquisa (MIGUEL,2012), utilizando métodos quantitativos e qualitativos.

Este estudo foi dividido em quatro etapas conforme apresentado no diagrama a seguir (Figura 1), para melhor compreensão das etapas realizadas durante este estudo, bem como facilitar a visualização de como o mesmo foi desenvolvido.

Figura 1 – Desenho da Pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Na primeira etapa foi abordada a definição do tema, o qual foi apresentado toda problemática, a justificativa, os objetivos que este trabalho deseja apresentar, em seguida foi realizado uma Revisão Sistemática da Literatura, que é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados à literatura sobre determinado tema. Foram utilizadas para realizar esta revisão as seguintes bases de dados (Plataformas): Science Direct, IEEE Xplore e Google Acadêmico. As combinações entre as palavras-chave, consideradas descritores, foram: “Manufatura Aditiva” e “Veículos Aéreos Não Tripulados”.

Na segunda etapa, foi realizado a fabricação do filamento utilizando o polímero Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), pois segundo Santos et al (2018) este material possui uma excelente resistência química e térmica, por ser um material rígido, resistente a impactos, resistente a altas e baixas temperaturas, é de fácil manuseio e possui excelente brilho, foram utilizadas 1kg de grânulos de polímeros reciclados (Figura 2).

Figura 2 – Resíduo do polímero ABS

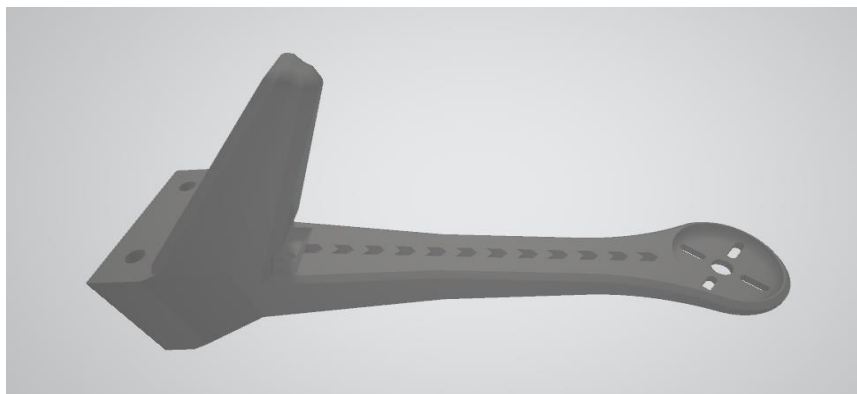
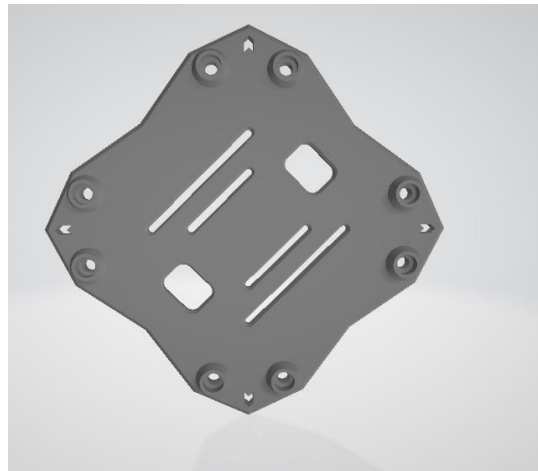
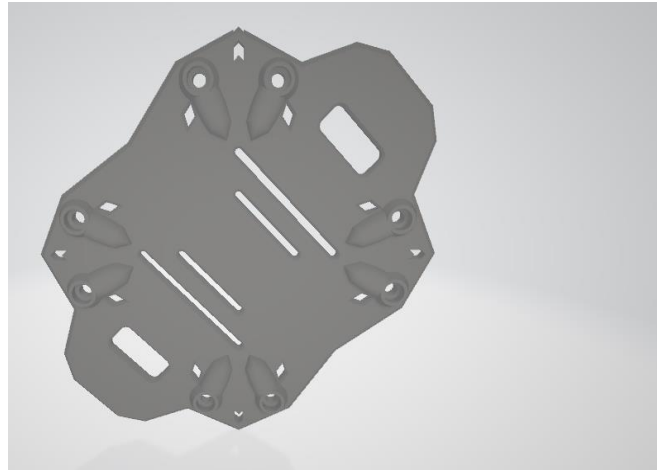


Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Nesta fase foi utilizado a Extrusora Filmaq3D STD, com o bico de saída de 1.75 mm, utilizando a temperatura de 220°C para a fabricação do filamento, o qual foi utilizado o paquímetro digital para realizar a medição da espessura da matéria prima.

Para o desenvolvimento do VANT - Drone foi baseado no modelo disponível no site <https://www.thingiverse.com/>, que disponibiliza gratuitamente o download do arquivo com modelos de peças para impressão. A busca pelo projeto *Unmanned Aerial Vehicles* foi feita com a palavra-chave Drone, e selecionou-se o arquivo de peça apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo do *unmanned aerial vehicle* - drone



Fonte: Thingiverse (2022)

Nesta fase é transferido o arquivo para o *software* Voxelizer 64 Bit a fim de realizar a programação da impressão da peça, definindo-se a espessura da camada, a velocidade da impressão, tipo de material que será utilizado, e a inserção de suportes. Para este trabalho de fabricação do drone foi utilizada uma impressora do tipo FDM, utilizando o filamento ABS, figura 4.

Figura 4 – Impressora 3D modelo FDM



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Foram estabelecidos dois parâmetros: a porcentagem em 50% de preenchimento, a utilização do filamento ABS. E para os parâmetros fixos estabelecidos para a impressão do órtese de punho com a espessura da camada de 0,2 mm, a velocidade de impressão 70 mm/s, a estratégia de preenchimento *honeycomb* (casinha de abelha), o diâmetro do filamento 1.75 mm e o número de camadas 4.

Para realizar a montagem do drone foi necessário utilizar um motor ESC com 30A e 400Hz (2-4S), quatro motores com as seguintes características EP - D2830 750 KV, uma controladora Naza Lite DJI, rádio controle FlySky FS-i6, 4 hélices, 16 arruelas de 6mm e parafusos de 6 mm.

4. RESULTADOS

4.1 Trabalhos Correlatos

Para o embasamento desta pesquisa, foi necessário buscar literaturas relacionadas ao objeto aqui estudado, como exemplo, o estudo de Santos et al (2020), seu objetivo principal foi demonstrar a viabilidade da utilização de materiais recicláveis para o desenvolvimento de uma órtese para punho desenvolvido na impressão 3D, o qual buscou averiguar qual a oportunidade de desenvolver um produto como um órtese para punho utilizando filamentos de materiais reciclados. Com todo o desenvolvimento do trabalho, percebeu que a fabricação do filamento de resíduos de PLA foi totalmente viável, e nesse estudo foi realizado dois modelos de impressão, entretanto percebeu que o primeiro modelo identificou as não conformidades devido o seu formato ele se torna uma peça frágil. Por isso optou-se em desenvolver um segundo modelo, onde houvesse a necessidade de moldar este processo, atingindo o objetivo proposto neste artigo.

Já o estudo de Cruz et al (2019) o estudo abordou verificou qual é a posição de um estudante de logística, perante ao surgimento de novas tecnologias dentro de seu

campo de atuação, buscando saber se em sua visão há viabilidade para a utilização de novas ferramentas de trabalho, que neste caso são os drones, como inclusive, saber se esse estudante acredita na possibilidade de uso em amplo território nacional. Diante deste ponto de investigação, os resultados demonstraram que há diversos receios sobre o uso de drones e sobre sua viabilidade no Brasil, e não seria diferente, já que o país apresenta uma infraestrutura precária para alguns tipos de modais, e levando isso em consideração, é de se esperar que a atuação de um novo modelo de transporte não seja tão bem aceito, tanto por questões da infraestrutura que já foi citada, quanto pela segurança do transporte e da carga que ele está carregando.

Dando continuidade no levantamento dos trabalhos, o trabalho de Madrid (2018) teve como objetivo realizar o levantamento em relação aos parâmetros referentes à solução do sistema logístico com tecnologia de drones no serviço de ressuprimento, dando enfoque na correlação da capacidade e autonomia dos mesmos, evidenciando as lacunas da tecnologia atual e estimulando o estudo e desenvolvimento de tecnologia para soluções logísticas envolvendo drones no Brasil. Diante dessa lacuna, foi possível identificar que existem diversas dificuldades no transporte de carga das grandes cidades como a questão do prazo, infraestrutura, custo, acesso a regiões hostis e segurança, os drones caracterizam uma excelente solução. Considerando que este transporte aéreo é mais rápido, não demanda grandes infraestruturas, custa menos, o equipamento sobrevoa áreas remotas como ilhas, sem grandes dificuldades e o risco de acidentes e assaltos são remotos.

O estudo apresentado por Mello (2019) procurou entender como que os VANT podem trazer riscos à aviação civil, sendo que ressaltou que o uso do termo risco pode ser mensurável quanto à severidade e probabilidade, permitindo assim, uma avaliação realista dos possíveis impactos negativos dos VANT a aviação civil. Diante disso, este estudo percebeu que os VANT certamente ocupam, e ocuparão ainda mais, com sua constante evolução, significativo nicho dentro da Aviação, sendo necessário e urgente o estabelecimento de formas seguras para sua operação, evitando que o aumento no número de VANT seja um risco constante à Aviação Civil.

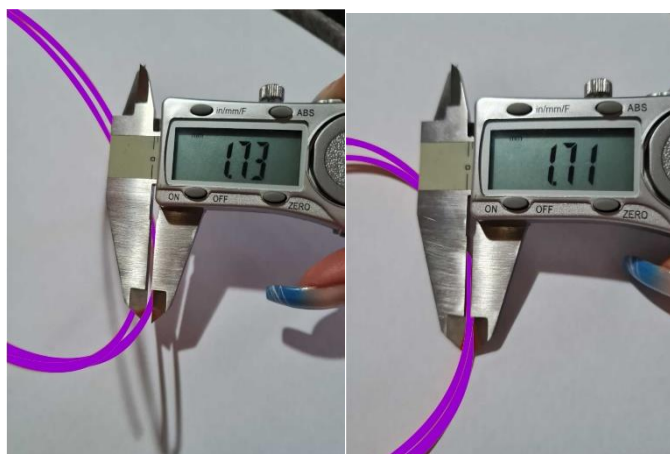
Outro estudo que chamou atenção e faz um paralelo com objetivo proposto no estudo em questão, foi o trabalho de Oliveira et al (2016) o qual teve como principal objetivo no desenvolvimento de um VANT do modelo quadrotor, o qual descreveu todos os equipamentos necessários para a construção deste trabalho. A partir do

desenvolvimento do trabalho, os resultados obtidos mostram, na visão dos participantes, que o projeto possibilitou reforçar capacitações, que podem ser ajustadas às necessidades dos integrantes. A mensuração dos resultados oferece ao Programa de Educação Tutorial argumentos para a realização de treinamentos e atividades que possibilitem agregar maiores conhecimentos ao perfil profissional, suprimindo ainda as deficiências porventura existentes no discente.

4.2 Fabricação do Filamento

Primeiramente foi realizada a fabricação do filamento com o polímero ABS reciclado, utilizando a temperatura de 220°C foi possível atingir o diâmetro entre 1.71 mm e 1.73 mm, como apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Medição do diâmetro do filamento ABS reciclado



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Ressalta-se que a tolerância ideal para o diâmetro do filamento varia entre 0,05 mm à 0,07 mm, desta forma, deseja-se que a tolerância do filamento produzido seja aproximadamente de 0,05 mm (COSTA, 2015).

Após a fabricação do filamento, foram realizadas algumas pesquisas para verificar a resistência mecânica deste material, com isso, o estudo de Santos (2019), apresentou algumas propriedades mecânicas comparando materiais virgens e reciclados, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Medição de propriedades mecânicas do polímero ABS

	Densidade (g)	Tração (Mpa)	Flexão (Mpa)	Dureza (Mpa)
ABS virgem	1,0603	33,4833	2,2137	140,6274
ABS reciclado	0,8962	29,2727	3,0923	147,0998

Fonte: Adaptado por Santos (2019)

4.3 Desenvolvimento do Drone

Nesta terceira etapa, após a fabricação do filamento, foi realizada a impressão VANT, e em seguida foi realizada a impressão das peças, conforme Figura 6.

Figura 6 - Processo de Fabricação do drone: (a) Peças impressas; (b) Montagem



(a)

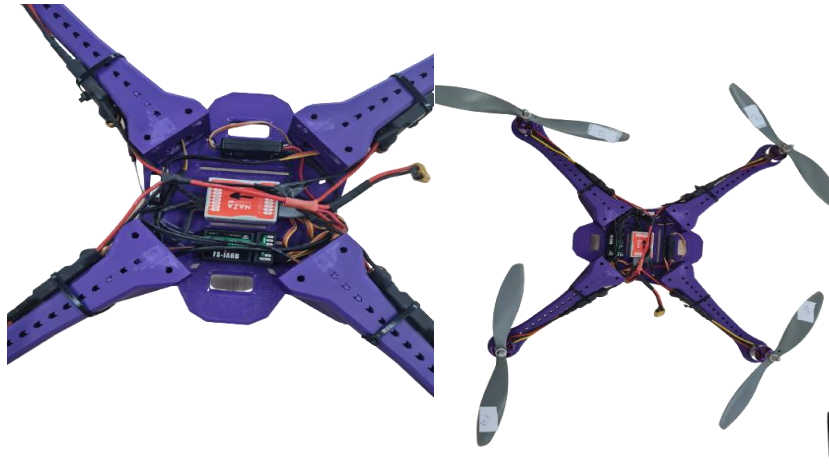


(b)

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Após todo o processo de estudo para entender o processo de como seria a montagem do drone, foi feita a montagem dos motores implantando nas peças impressas pela impressora 3D.

Figura 7 - Montagem final do drone com seus devidos motores



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Após a montagem do VANT, foi realizado os primeiros voos para verificar o seu funcionamento, depois de alguns voos testes, infelizmente em uma de suas quedas em sua aterrissagem, houve uma quebra em um dos braços do drone, o que proporcionou que realizasse uma cola para dar resistência na parte quebrada.

Figura 8 - Drone voando e Braço quebrado do drone



Fonte: Elaborados pelos autores (2022)

Nota-se que ao analisar esse acidente, percebe-se o quanto trabalhar com peças impressas na impressora 3D é vantajoso, devido ao custo benefício, pois a facilidade para colar e realizar novos experimentos, conforme Figura 9.

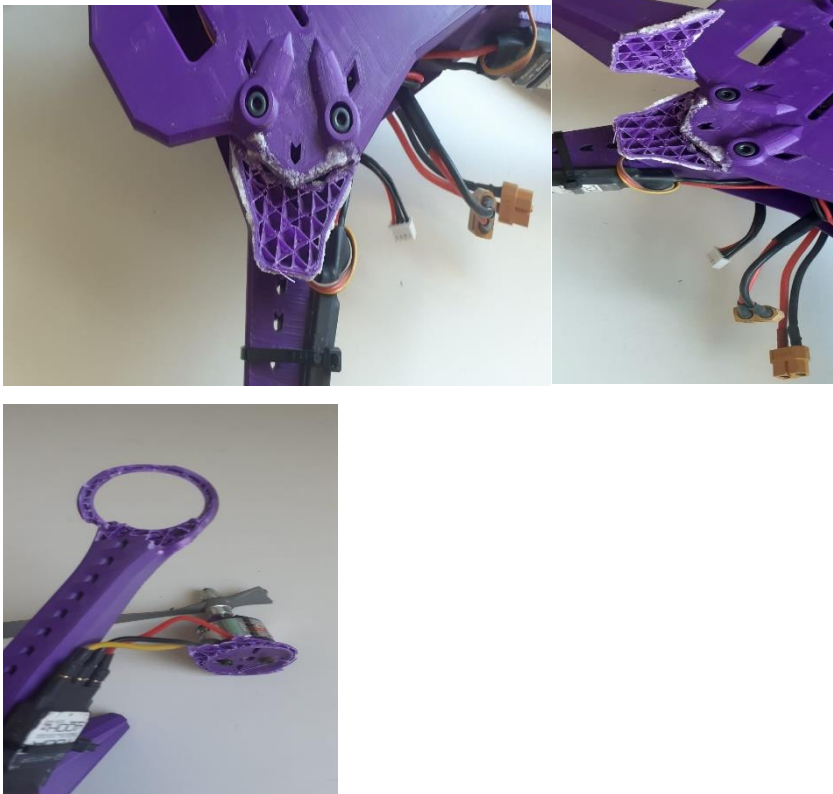
Figura 9 - Drone voando com uma caixa para entrega



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Entretanto neste último experimento de voo, notou-se que o controle não estava atendendo os comandos, tendo uma divergência de comunicação entre o drone e o controle remoto, conseqüentemente houve-se novamente uma nova queda, conforme Figura 10.

Figura 10 - Resultado da queda do drone voando com uma caixa para entrega



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

É importante destacar que por mais que houve esses acidentes, toda a estrutura elétrica não houve nenhum impacto, foi apenas a estrutura das peças impressas em 3D. Sendo que foi realizado a impressão de novas peças para realizar a substituição dessas peças quebradas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo objetivou analisar a viabilidade da fabricação de filamentos a partir de resíduos reciclados, e o desenvolvimento de um veículo utilizado a impressão 3D por meio do processo FDM para construção de um drone para contribuir com o processo de entrega de produtos contribuindo com a logística 4.0.

Em relação a construção da matéria prima para impressora 3D foi utilizado resíduos do polímero ABS, nota-se que foi viável em relação à qualidade do filamento e dimensões estabelecidas de 1.73 mm, sendo possível realizar a impressão de peças com esse material. Diante deste ponto, é possível visualizar também que o material reciclado,

possui uma resistência mecânica satisfatória, sendo que para o ensaio de tração teve um resultado de 33,48 Mpa e de flexão de 3,09 Mpa de resistência.

Outro resultado encontrado, visando atender o objetivo proposto do estudo, foi na fabricação do drone para carga fabricado por meio de um material reciclado, o qual verificou a viabilidade técnica para construção deste veículo. Vale destacar que foi possível observar diante dos experimentos realizados a partir do momento que houve uma queda e fraturasse a qualidade da peça, a facilidade para realizar a troca da peça.

Em relação a limitação da pesquisa, a principal dificuldade encontrada foi a falta de conhecimentos sobre a área e identificar quais seriam os melhores motores e controles que poderiam ser utilizados de baixo custo e com facilidade em seu uso. Devido ao tempo curto, não foi possível realizar um estudo mais concreto sobre as funções do controle de rádio.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se realizar um estudo mais aprofundado sobre o controle de rádio para identificar todas as suas funcionalidades, como também, fazer a implantação de um GPS e realizar novos testes.

REFERÊNCIAS

_____. Amazon testa entrega com drone; pacotes podem chegar em 30 minutos 2020. Disponível em: <<https://tecnologia.ig.com.br/olhar-digital/2020-09-01/amazon-testa-entrega-com-drone-pacotes-podem-chegar-em-30-minutos.html>>. Acesso dia 07 de maio de 2022.

_____. Drones são usados pela primeira vez para transportar órgãos 2019 - Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/05/drone-e-usado-pela-primeira-vez-para-transportar-orgaos.html>>. Acesso dia 07 de maio de 2022.

_____. iFood conquista a primeira autorização das Américas para uso comercial de drones no delivery 2022 - Disponível em: <https://news.ifood.com.br/ifood-e-1-empresa-das-americas-a-poder-usar-drone-no-delivery/>. Acesso dia 07 de maio de 2022.

_____. Saiba como funciona a tecnologia do drone autônomo, responsável pela primeira entrega comercial no Brasil. 2019 - Disponível em: <https://revistadafarmacia.com.br/destaques/entenda-como-funciona-a-entrega-que-utiliza-drone-autonomo/>. Acesso dia 07 de maio de 2022.

_____ São Paulo terá novo programa Olho de Águia 4.0 com uso de drones 2019 - Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/tag/dronepol/>. Acesso dia 07 de maio de 2022.

ANAC. Regras sobre drones. Informativo online, 2017. Disponível em: https://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-envigor/release_drone.pdf. Acesso em: 07 de maio de 2022..

ASTM F 2792. AMERICAM SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM F2792: Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies. United States, 2010.

BERMAN, Barry. 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, v. 55, n. 2, p. 155–162, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>

CHEN, D., HEYER S., IBBOTSON, S., et al., “Direct Digital Manufacturing: Definition, Evolution, and Sustainability Implications”. *Journal of Cleaner Production*, 20015. doi:10.1016/j.jclepro.2015.05.009.

COSTA, G. M. **Controle de diâmetro na produção de filamento para impressoras 3D**. Brasil, 2015.

CRUZ, D. S.; FERREIRA. J. P.; SILVA, J.A.; SILVA, U.J. Entrega e recebimento por meio de drones: estudo de caso sobre a opinião de estudantes da área de logística. **X FATEC LOG - Logística 4.0 & a Sociedade do conhecimento Fatec Guarulhos/ SP** - Brasil, 31 de maio a 01 de junho de 2019.

DILBEROGLU, U. M.; GHAREHPAGAH, B.; YAMAN, U.; DOLEN, M.; The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v.11, p.545-554, 2017. doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.148.

ENGINE - Soluções para gestão na nuvem. Disponível em: <https://www.enginebr.com.br/sobre-a-engine/>. (2018). Acesso no dia 21 de abril de 2022.

FORD, S., DESPEISSE, M. “Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges”. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 1573-1587, 2016.

GIBSON, I., ROSEN, D.W., STUCKER, B. **Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing**. Springer, 2010.

HAO, L., RAYMOND, D., STRANO, G, et al., “Enhancing the Sustainability of Additive Manufacturing”. **ICRM – Green Manufacturing**, 2010.

- HOFMANN, E.; RÜSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry**, v. 89, p. 23-34, 2017.
- HUANG, B. Alternate Slicing and Deposition Strategies For Fused Deposition Modelling. 2014. Doctor of Philosophy – **School of Engineering**, Auckland University of Technology, 2013.
- KREIGER, M. A., MULDER, M. L., GLOVER, A. G, et al., “Life cycle analysis of distributed recycling of post-consumer high density polyethylene for 3-D printing filament”. **Journal of Cleaner Production**, v. 70, p. 90-96, 2014.
- MADRID, Raphael Martins de. Sistema de transporte via UAV (drone) para ressuprimento de cervejas craft entre centros de distribuição no Rio de Janeiro. Monografia (TCC Curso de Agronomia) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.
- MANÇANARES, C. G. Modelo de processo de avaliação para adoção de manufatura aditiva na indústria de alto valor agregado. 2016. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo, 2016.
- MANI, M., LYONS, K. W., GUPTA, S. K. “Sustainability Characterization for Additive Manufacturing”. **Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology**, v. 119, 2014.
- MATSCHULAT, Jan Philip. **Proposta de um modelo heurístico para o problema de distribuição de cargas fracionadas com o auxílio de drones** – Joinville, 2016. p.65.
- MELLO, Rodrigo Macedo. Os riscos dos "drones" na aviação civil brasileira. **Ciências Aeronáuticas-Unisul Virtual**, 2019.
- MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Elsevier, 2012.
- MUNARETTO, Luiz. VANT e DRONES. São Paulo: Segunda edição, 2017. 176 p
- NERI VOLPATO. **Manufatura Aditiva: tecnologia e aplicações da impressão 3D**. 2017. Editora Edgard Blücher Ltda, p. 18
- NOVAES, A. G. Logística e gerenciamento da Cadeia de Distribuição, **Elsevier Ltda**, 4ª edição, 2015.
- Oliveira, A. P.; OLIVEIRA, D. D.; SOUZA, M. B. M.; YUNG, J. G. R. A utilização do PJBL na educação em engenharia projeto e construção de um drone. **XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** - COBENGE, UFRN - 27 a 30 de setembro de 2016.

OLIVEIRA, Leandro José. Necessidades da Polícia Militar Ambiental. **Workshop em Processamento de Imagens para aplicações em VANTS**, São Paulo, SP, 2009.

OSEJOS, J. V. M. Caracterización de materiales termoplásticos de ABS y PLA semirígido impresos en 3D con cinco mallados internos diferentes. 2016. **Dissertação de Mestrado**. Quito, 2016.

PETRICK, I. J., SIMPSON T. W. “3D Printing Disrupts Manufacturing: How Economies of One Create New Rules of Competition”. **Research-Technology Management**, v. 56, n. 6, p. 12–16, 2013.

SANTOS, L. M.; ROCHA, D. S. G. M.; CARNEIRO, M. L.; LUZ, M. P. Tipos de polímeros utilizados como matéria prima no método de manufatura aditiva por FDM: uma abordagem conceitual. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A engenharia de produção e suas contribuições para o desenvolvimento do Brasil**. Maceió, p. 2, 2018.

SANTOS, L. M.; ROCHA, D. S. G. M.; LUZ, M. P. Os benefícios da Manufatura aditiva com uma visão sustentável: Revisão Sistemática. **Revista Sodebras**, v. 13 – nº147-março, 2018.

SANTOS, L. M. Viabilidade técnica da aplicação de polímeros termoplásticos reciclados para impressão 3D. 2019. **Dissertação de Mestrado do Programa de Engenharia de Produção e Sistemas**, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2019.

SANTOS, L.M.; XAVIER, E.A.; VALE, J.F.F; CARNEIRO, M.L.; GOMES, D.A. O uso da manufatura aditiva para o desenvolvimento de uma ortese para punho utilizando material reciclado. **XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Contribuições da**

Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis, Foz do Iguaçu, 2020.

SANTOS, L. M.; SANTOS JUNIOR, R. R. ; LIMA, K. K. ; COQUEIRO, S. P. . Estudo da ciência na revolução industrial 4.0 com ênfase em manufatura aditiva. **Revista UniAraguaia**, v. 15, p. 137-146, 2020.

SANTOS, L.M.; FILHO, J.F.B; CARNEIRO, M.L.; LUZ, M.P. O processo de desenvolvimento de um puxador utilizando a manufatura aditiva por meio do material reciclado. **XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis**, Foz do Iguaçu, 2021.

VOLPATO, N., MUNHOZ, A. L., J., COSTA, C. A., et al., **Manufatura Aditiva:**
Tecnologias e aplicações da impressão 3D. Primeira Edição. São Paulo: Blucher, 2017,
400 p.