

Cleiton Tamanini

cleiton.tamanini@unitau.br

<http://orcid.org/0000-0002-8005-3895>

Universidade de Taubaté - Mestrado em
Engenharia Mecânica, Taubaté, São
Paulo, Brasil.

Filipe Wiltgen

FWBarbosa@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-2364-5157>

Universidade de Taubaté - Mestrado em
Engenharia Mecânica, Taubaté, São
Paulo, Brasil.

Manufatura Aditiva e as Mudanças na Indústria Automotiva

RESUMO

Este artigo apresenta a diversificação da manufatura aditiva na indústria automotiva, desde sua utilização para o desenvolvimento de novos produtos com a construção de protótipos e o processo de prototipagem rápida ao projeto completo e inovador de moldes e ferramentas. O grande impacto virá com a produção de peças fabricadas diretamente dos modelos 3D em CAD, o que inclui a principal inovação de conseguir fabricar seus próprios moldes de peças para a manufatura formativa. Além disso, possibilitará atender clientes personalizados e pequenos lotes de produção. O desenvolvimento de seus próprios moldes acelerar a inserção e a fabricação de itens novos. As pesquisas relacionadas a refrigeração rápida de moldes via impressão 3D devem induzir importante e significativa diminuição da cadência de fabricação via manufatura formativa na indústria automobilística incluindo a melhoria no processo de segredo industrial e propriedade intelectual. As constantes inovações da manufatura aditiva nesse tipo de manufatura industrial, possivelmente substituirá de forma significativa a fabricação de um automóvel no futuro.

PALAVRAS-CHAVE: Manufatura Aditiva, Protótipo, Prototipagem, Impressão 3D, Indústria Automobilística.

INTRODUÇÃO

A Manufatura Aditiva (MA) é uma ferramenta importante em todos os setores da indústria, porém, por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, precisa de um amadurecimento dentro do setor automotivo. Sua grande vantagem reside no fato da diminuição da mão-de-obra, tempo de fabricação, diversificação de máquinas e custo final, além da real economia de matéria-prima evitando o custo relativo ao desperdício de material e energia, o qual ainda pode oferecer uma significativa diminuição no impacto ambiental.

A facilidade da MA para realizar a fabricação de peças complexas, permite diminuir a quantidade de partes e de montagens, aumentar a resistência mecânica, diminuir a massa, possibilitar sistemas intrínsecos de refrigeração, além da grande diversificação de aplicações da MA na indústria (Alcalde; Wiltgen, 2018; Gomes; Wiltgen, 2019; Wiltgen, 2019; Wiltgen; Alcalde, 2019; Salem; Abouchadi; Bikri, 2020; Citarella; Giannella, 2021; Jafferson; Debdua, 2021; Sun; Shang, 2021).

Empresas do setor automotivo têm percebido as mudanças mundiais na forma de produção e fabricação. Muitas são as iniciativas de aproximação da indústria aeronáutica e espaço com os fabricantes de máquinas de MA, buscando aperfeiçoamentos e características de interesse para conseguir fabricar peças únicas para produtos únicos de maiores dimensões sem a necessidade de montagens, mais leves e mais resistentes, e quem sabe em breve permitindo a fabricação utilizando multimateriais. O que abrirá o caminho para que no futuro seja possível fabricar automóveis inteiros em MA, não mais em uma linha de montagem, mas em células de fabricação completas.

Inicialmente utilizada para a prototipagem rápida, a MA auxiliou no desenvolvimento dos projetos automobilísticos com as vantagens de permitir fazer simulações computacionais e testes antes mesmo de se fabricar o protótipo. O desenvolvimento da tecnologia e dos novos tipos de matérias-primas disponíveis, a MA se mostra eficiente e lucrativa em diversas áreas.

Como se caracteriza pela construção de camada por camada, a MA abre amplamente as possibilidades de desenvolvimento de ferramentas, moldes e até mesmo peças de grande complexidade, otimizando os processos de fabricação e melhorando as características e desempenho dos produtos.

Este artigo discorre sobre as aplicações da MA na indústria automotiva, como base de funcionamento para fabricação ampla, a utilização na prototipagem rápida, as possibilidades de melhoria de produtos e fabricação de modelos para testes, a fabricação de moldes e ferramentas que visam eficiência e ergonomia, a fabricação de peças novas e inovadoras com características específicas, além da fabricação de peças antigas e fora de linha, finalizando com o desenvolvimento da MA no intuito de fabricar um automóvel inteiro no futuro próximo.

MANUFATURA ADITIVA APLICADA A INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

A MA começou a ganhar forma na década de 80 ajudada pela utilização de modelos em *CAD (Computer-Aided Designs)* e com toda a tecnologia desenvolvida para as técnicas de *CNC (Controle Numérico Computadorizado)* foi possível o desenvolvimento de projetos e a fabricação da primeira impressora 3D. É fato que desde o início as máquinas de impressão 3D vem agregando diversas novas técnicas e materiais aperfeiçoados tecnologicamente desde então implementadas a cada nova geração de máquinas de MA (Gomes; Wiltgen, 2020).

A partir da união do desenho modelado em *CAD* via programação das máquinas em MA a prototipagem rápida começou a se tornar viável comercialmente, e sua aplicação se tornou importante no estabelecimento da maturidade tecnológica (*TRL - Technology Readiness Level*) dos novos produtos em desenvolvimento (Wiltgen, 2019).

Diferentemente da manufatura do tipo subtrativa, no qual se “esculpe” a forma desejada através de máquinas ou ferramentas tais como: tornos, fresas ou talhadeiras, no qual é retirado todo o material que não é necessário na fabricação. Na MA as peças são constituídas a partir da adição de matéria-prima, em processos de fabricação baseados na técnica de impressão 3D realizada sempre camada por camada (Alcalde; Wiltgen, 2018; Wiltgen, 2019).

Na fabricação da prototipagem rápida, é desenvolvido um desenho modelado em *CAD* que pode ser visualizado e previamente analisado para verificação de inconsistências (Wiltgen, 2019).

A partir dos modelos digitais são feitas as melhorias identificadas nos modelos, e então, o protótipo pode ser impresso em 3D. Quase sempre com um material de menor custo e de forma rápida. A partir do modelo físico impresso em 3D são feitas novas avaliações, observações sobre a estética, montagens e da funcionalidade, assim como, é possível a análise detalhada para detectar falhas, imperfeições geométricas e permitir aperfeiçoar os novos protótipos continuamente, até que o projeto esteja desenvolvido como nos requisitos (Alcalde; Wiltgen, 2018; Wiltgen, 2019).

Outra interessante vantagem é a possibilidade de desenvolver peças contínuas que não necessitam de montagens. Construção de sistemas inteiros sem montagens podem diminuir muito o peso, e aumentar a resistência do produto apenas quando e onde for necessário (Gomes; Wiltgen, 2020).

Uma peça fabricada em MA pode se unir as várias outras peças fabricadas de outra forma, eliminando a montagem, reduzindo o peso e aumentando a estanqueidade como pode ser visto na Figura 1, no qual uma única peça (B) elimina a necessidade de fabricação de várias parte e conexões desnecessárias no projeto peça (A).

É possível observar na Figura 1, as características da peça A preservadas na peça B. Porém fica claro o aperfeiçoamento inserido na fabricação da manufatura aditiva (B) em comparação com a manufatura subtrativa (A). Nota-se que na peça do A há clara necessidade de montagens devido a forma de fabricação em manufatura subtrativa, que não permite, devido a forma geométrica construção

diferente, e assim, necessitando fabricar a peça em partes para depois ser montada.

O fato da peça B ser construída em uma só peça, evita problemas de imperfeições nas montagens, vazamentos ou falhas de junção, diminui o tempo e o custo da utilização da peça na aplicação, e por fim, permite que a peça seja mais leve devido ao alívio de massa obtido na fabricação (Gomes; Wiltgen, 2020).

Figura 1 – Comparação entre manufatura subtrativa (A) e manufatura aditiva (B)



Fonte: Adaptado de Gomes e Wiltgen (2020).

MANUFATURA DE PROTÓTIPOS E PROCESSO DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Utilizada em um primeiro momento como uma ferramenta para a prototipagem, a MA ganhou espaço em outros setores na indústria como na produção de ferramentas e até mesmo peças de reposição personalizadas. Com os avanços nas técnicas e materiais, no futuro pode ser possível a produção completa de um automóvel apenas usando uma única máquina de MA (Alcalde; Wiltgen, 2018).

Alguns setores da indústria automobilísticas têm se beneficiado da MA para viabilizar e melhorar suas peças e conjuntos completos de peças que compõem as partes construtivas de um automóvel.

A prototipagem é uma importante fase do desenvolvimento de um novo produto. Diversos foram os motivos no passado recente em que a prototipagem não era viável. Quase sempre relacionado aos elevados custos de fabricação, assim como, a latência intrínseca da manufatura subtrativa que quase sempre inviabilizava o uso dos protótipos nos projetos.

A manufatura aditiva é uma das alternativas mais promissoras em custo e tempo de fabricação para a construção dos protótipos. A possibilidade de construir peças protótipos permite visualizar as partes nos ambientes de operação e montagem auxiliando as modificações e os ajustes necessários na fase de desenvolvimento de um produto.

Com a utilização de escalas reduzidas e com materiais de menor custo, é possível realizar testes em protótipos, auxiliando montagens, verificando acabamentos, aperfeiçoando as dimensões, testando e validando funcionalidades

entre muitos outros. De posse dessas informações coletadas na realização dos testes com protótipos são realizadas as realimentações dos projetos e desenhos, o que permite amadurecer tecnologicamente um produto em desenvolvimento. Os resultados das interações com protótipos levam os ajustes necessários quase sempre a um novo protótipo com novos testes até que todos os requisitos do projeto sejam alcançados.

Protótipos em escala reduzida (miniatura) que são utilizados para verificar os acabamentos, internos e externos, podem ser observados na Figura 2 em um protótipo em escala reduzida do veículo da *Bentley*.

Figura 2 – Protótipo em escala reduzida via MA da *Bentley*.

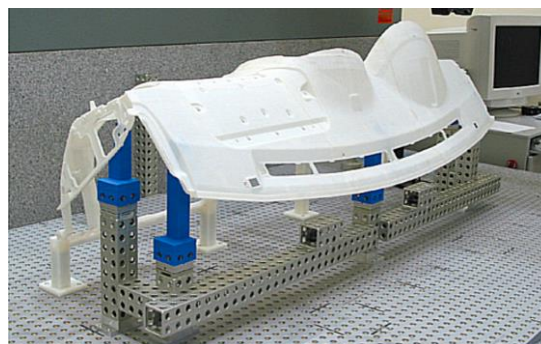


Fonte: Stratasy (2016).

A *Bentley Motors* fabrica desde os modelos de rodas, aos famosos painéis personalizados em protótipos de escala reduzida para todos os testes estéticos e funcionais.

A prototipagem rápida também é comum na *Hyundai* que tem como premissas os ajustes dos componentes no acabamento. Na Figura 3 é possível notar o protótipo de um painel de automóvel em tamanho real.

Figura 3 – Protótipo fabricado em MA em tamanho real do painel do veículo *Hyundai Kia Spectra*.



Fonte: Stratasy (2016).

Esse protótipo apresentou 27 (vinte e sete) problemas após sua fabricação. Sem a realização de testes com protótipos o projeto poderia ter atrasado impactando diretamente no lucro futuro da empresa.

A indústria automotiva está utilizando a MA para fabricar ferramentas e moldes para a utilização em seus processos de montagem, reduzindo custos, tempo, peso e melhorando a ergonomia de seus funcionários.

MANUFATURA ADITIVA APLICADA NO DIA-A-DIA DA FABRICAÇÃO AUTOMOTIVA

Utilizar as ferramentas corretas para a construção de um automóvel é primordial para garantir eficiência, qualidade e custo.

Como cada automóvel tem suas particularidades de montagens, quase sempre é necessário desenvolver ferramentas específicas para atender às necessidades de construção. É comum utilizar materiais como aço ou alumínio para a fabricação dessas ferramentas, esse processo leva tempo e muitas vezes resulta em ferramentas com peso elevado. Outras vezes, por dificuldades na fabricação por processos convencionais, é necessário desenvolver diversas ferramentas para serem usadas em conjunto para a realização de determinada tarefa.

Com a MA é possível construir, e até unir ferramentas em uma só, com um material mais leve, facilitando o serviço e melhorando a qualidade das tarefas dos funcionários.

A construção de ferramentas personalizadas para montagens de veículos com o auxílio da MA é uma outra importante oportunidade que tem sido explorada pela indústria automotiva. Sua aplicação permite acelerar a linha de montagem com construções mais rápidas, mais leves, além de a possibilidade de unir várias ferramentas em uma só. Até mesmo desenvolver novas ferramentas que seriam difíceis de se fabricar sem o auxílio da MA.

A *General Motors* utiliza MA para a substituição de partes de ferramentas em sua linha de montagem (Stratasys, 2021A). Essas partes, suspendem a carroceria de um veículo *Chevy Bolt*, o peso destas partes devido a massa, foi identificada como um problema devido à grande necessidade de manutenção frequente gerando diversos atrasos na produção. Com o auxílio da MA foram impressas em 3D peças em fibra de carbono, que além de serem mais leves, também eliminaram a necessidade de soldas de montagens e sua substituição em caso de desgaste é rápida e pode ser fabricada internamente. Uma peça similar a esta pode ser vista na Figura 4.

Figura 4 – Ferramenta construída em MA para montagem do veículo *Chevy Bolt*.



Fonte: Stratasys (2021 A).

No modelo em CAD deste projeto nota-se que as peças fabricadas em fibra de carbono podem ser fixadas no sistema de transporte que suspende o veículo na linha de montagem.

Na montagem dos veículos na *BMW* é necessário que os funcionários empurrem com seus polegares, vários tampões de borracha. Essa tarefa repetitiva ocasionava diversas lesões nos funcionários do setor de montagem. Uma solução foi desenvolver em MA um tipo de apoio de montagem. Cada funcionário utiliza uma luva especial personalizada para este tipo de montagem, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Ferramenta construída em MA para montagens na fábrica da *BMW*.



Fonte: BMW (2014).

Assim como as ferramentas, outro elemento importante para a montagem são os chamados gabaritos. Os gabaritos ajudam a posicionar as peças no lugar correto e assim, permitem fixar de forma correta uma determinada peça.

Gabaritos feitos por manufatura subtrativa levam um grande tempo para serem fabricados e muitas vezes são pesados devido ao uso dos materiais dos quais são produzidos. A produção por meio de MA permite redução da massa de matéria-prima, e assim, reduzir o peso em duas frentes distintas, com o uso de materiais mais leves e com projetos personalizados nos formatos dos gabaritos, resultando em um gabarito mais leve e ergonômico, com um menor tempo de fabricação.

A *Volvo Truck* utiliza a impressão 3D para confeccionar vários gabaritos reduzindo consideravelmente o tempo de produção e custo de cada gabarito, além da facilidade de adequar novos modelos de gabaritos a cada novo desenvolvimento. Na Figura 6 é possível ver alguns dos modelos de gabaritos construídos para as montagens na fábrica da *Volvo*.

Figura 6 – Diversos gabaritos para auxílio em montagem fabricados em MA.



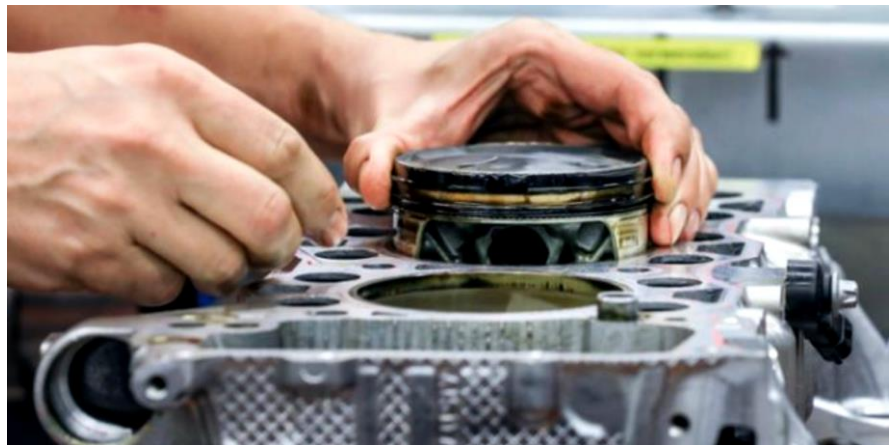
Fonte: Stratasys (2015).

Gabaritos, grampos de fixação e suportes para ferramentas auxiliam na montagem dos caminhões, seja na fixação ou suporte das peças, ergonomia das ferramentas e na organização da oficina.

A MA para o desenvolvimento de peças está tomando forma em algumas empresas, através dela é possível criar peças que apesar de mais leves são estruturalmente mais resistentes, adicionar funcionalidades que não seriam possíveis, juntar diversas peças em uma única peça melhorando inclusive a aerodinâmica (Gomes; Wiltgen, 2020).

A empresa *Porsche* tem utilizado a MA para a fabricação dos pistões do motor do veículo *911 GT2-RS*, como pode ser visto na Figura 7. Os cilindros fabricados via MA são ~10% mais leves que os pistões forjados, além de possuírem um duto especial de resfriamento que não seria possível ser construído com o processo convencional via manufatura subtrativa. Este resfriamento do motor permite maior potência para este automóvel.

Figura 7 – Pistão do motor do *Porsche 911 GT2-RS* fabricado em MA.



Fonte: Porsche Newsroom (2020).

O formato complexo e preciso visto no pistão conseguido através da MA se encaixa perfeitamente ao bloco do motor, mostrando também a evolução quanto ao nível de acabamento superficial das peças.

Outro setor que encontra um poderoso aliado na MA é o de peças para automóveis antigos. Muitas dessas peças são difíceis de serem encontradas, pois não são mais fabricadas. Por se tratar de um produto de baixa demanda, o escaneamento e impressão 3D dessas peças é bem interessante quanto ao tempo e custo, facilita o acesso e permite obter oportunidades para empresas em diversas partes do mundo.

Muitas empresas do setor automotivo têm utilizado da MA para fabricar peças antigas de veículos que não estão disponíveis comercialmente. Peças de acabamento, como essa da *Kombi Corujinha* na Figura 8, são facilmente obtidas com a MA, por se tratar de peças de pequeno porte sua fabricação é rápida, e por possuir baixa demanda, viabiliza a fabricação em 3D.

Figura 8 – Peças antigas de uma *WW Kombi* fabricadas em MA.



Fonte: JR AUTOSHOP (2021).

A MA, utilizada de forma efetiva, tem mostrado bons resultados na versatilidade e na liberdade de desenvolvimento. Elevando significativamente a manufatura a novos patamares, com diversas inovações, tanto no produto final como nos processos de montagens.

Na Figura 9 tem-se um veículo elétrico todo fabricado em MA comercializado desde 2019 na Ásia e na Europa. O *LSEV (Low-Speed Electric Vehicle)*, tem a função de popularizar a utilização de veículos elétricos e a fabricação em MA na indústria automotiva.

Figura 9 – Veículo elétrico de linha de montagem em MA (*LSEV*).



Fonte: Polymaker (2016).

A utilização da MA na indústria automotiva terá impacto na viabilização do uso amplo da tecnologia de impressão 3D em várias aplicações em outros ramos da indústria com a fabricação de moldes, ferramentas, peças e diversos produtos onde até então a indústria de fabricação e transformação não percebia o real custo-benefício do investimento na MA.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Quando é necessário produção em massa, produção de produtos que não apresentam grande complexidade, ou que não necessitam de características especiais e não possuem custos elevados, a MA ainda não é atrativa.

A utilização da manufatura aditiva de forma estratégica, por outro lado, pode alterar esses fatores. Quando utilizada em pequena escala ou em projetos complexos, pode economizar em matéria-prima, obter menor tempo de fabricação, elaborar produtos estruturalmente mais resistentes e com funcionalidades específicas, além de permitir construir peças juntas sem necessidade de montagens que não seriam possíveis com as outras manufaturas.

O desenvolvimento dentro da própria indústria via MA elimina despesas com fabricação e tempo, e facilita a manutenção dos segredos industriais. Muitas vezes os produtos podem ser impressos em 3D sem a necessidade de montagens e geralmente exigem menos tempo para a fabricação. Quase sempre possibilitam a inovação e aperfeiçoamentos dos projetos, visando linhas mais simétricas e contínuas permitindo melhorar o desempenho aerodinâmico, o consumo de combustível, a resistência e turbulência, diminuir o ruído e aumentar o conforto e a segurança dos veículos.

Com o desenvolvimento de novas técnicas e novas máquinas de MA, o campo de atuação tem se ampliado, dando oportunidade a desenvolvimentos inovadores, de maior porte e com melhores acabamentos, dispensando refinamentos e melhorias através de outros processos.

As pesquisas e inovações na área de materiais também são de grande importância para a MA, que não se limita apenas a conseguir imprimir objetos 3D em seus materiais originais, mas também em desenvolver novos materiais de forma a agregar valor, que pode ser observado diretamente nos novos produtos.

As inovações no campo da impressão 3D estão caminhando de uma forma acelerada, muitas melhorias relativas ao aumento na velocidade e tamanho das peças impressas em 3D, a variedade de materiais que podem ser impressos ao mesmo tempo logo vão possibilitar imprimir em 3D os veículos por completo substituindo e mudando a forma de produção atual da indústria automotiva.

Additive Manufacturing and Changes in Automotive Industry

ABSTRACT

This paper presents diversification of additive manufacturing in automotive industry, since its use for development of new products with construction of prototypes and rapid prototyping process complete and innovative project of molds and tools. The big impact will come from producing parts fabricated directly from 3D models in CAD, which includes a major innovation of getting and manufacturing your own part molds for formative manufacturing. Besides, it will make it possible to serve personalized customers. Developing your own molds will speed up insertion and manufacture of new items. Research related to rapid cooling of molds through 3D printing should lead to an important and significant decrease in manufacturing cadence through formative manufacturing automobile industry, including improvement of trade secret process and intellectual property. The constant innovations in this type of industrial manufacturing, will possibly replace in near future way to manufacture an automobile.

KEYWORDS: Additive Manufacturing, Prototype, Prototyping, 3D Printing, Automotive Industry.

REFERÊNCIAS

ALCALDE, E.; WILTGEN, F., Estudo das tecnologias em prototipagem rápida: passado, presente e futuro, Revista de Ciências Exatas da Universidade de Taubaté, v.24(02), p.12-20, 2018.

WILTGEN, F. Protótipos e prototipagem rápida aditiva sua importância no auxílio do desenvolvimento científico e tecnológico. 10º Congresso Brasileiro de Engenharia De Fabricação, São Carlos, 5-7 agosto, 2019.

WILTGEN, F.; ALCALDE, E. Prototipagem rápida aditiva aplicada em dispositivos funcionais de auxílio humano. 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, São Carlos, 5-7 agosto, 2019.

GOMES, J.; WILTGEN, F. Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas, Revista Tecnologia, v.41(01), p.1-16, 2020.

CAVAIGNAC, A.; SILVA, L.; JÚNIOR, R.; SILVA, E.; LIMA, R. FMEA, CFD E FEA para otimização do desenvolvimento de produtos com prototipagem 3D em peça mecânica automotiva aftermarket – Parte A: FMEA, Brazilian Journal os Production Engineering, v.6(05), p.74-97, 2020.

STELA, F.; CARNEIRO, M. Revisão de técnicas de otimização para qualidade, aninhamento e agendamento em processos de manufatura aditiva, Gestão da Produção em Foco, v.41(01), p.15-23, 2020.

JANEKOVÁ, J.; PELLE, S.; ONOFREJOVÁ D.; PEKARCÍKOVÁ The 3D Printing Implementation in Manufacturing of Automobile Components, Acta Tecnología – International Scientific Journal about Tecnologies, v.5(01), p.17-21, 2019.

EZELRUAKU, S. Review of Additive Manufacturing and Characterization of Additive Manufacturing Machine, Master Thesis. The University of New Mexico, Albuquerque, 2015. p.59

SALEM, H.; ABOUCHADI, H. Design for Additive Manufacturing, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, v.98(19), p.1-12, 2020.

SUN, C.; SHANG, G. On Application of Metal Additive Manufacturing, World Journal of Engineering and Technology, v.9(1), p.194-202, 2021.

BHAT, M. A.; ABDULHAFIZ, S. Sustainability in Additive Manufacturing, Journal of Manufacturing Engineering, v.15(01), p.7-11, 2020.

ALTIPARMAK S. C.; YARDLEY V. A.; SHI Z.; LIN J. Challenges in Additive Manufacturing of High-Strength Aluminium Alloys and Current Developments in Hybrid Additive Manufacturing, International Journal of Lightweight Materials and Manufacture, v.4(02), p.246-261, 2021.

REDDY K. S. A.; DUFERA, S. Additive Manufacturing Technologies, BEST: International Journal os Management, v.4(07), p.89-112, 2016.

CITARELLA R.; GIANNELLA V. Additive Manufacturing in Industry, Applied Sciences, v.11(02), p.1-3, 2021.

KUMAR, A.; SINGH, G.; SINGH, R. P.; PANDEY, P. M. Role of Additive Manufacturing in Industry 4.0 for Maintenance, Applications and Challenges of Maintenance and Safety Engineering in Industry 4.0, p.235-254, 2020.

KROLIKOWSKI, A. M.; KRAWCZYK, M. B. R Metal cutting and additive manufacturing as an integral stages of metals hybrid manufacturing in Industry 4.0, Mechanik, v.91(08-09), p.769-771, 2018.

GUPTA, K.; ESPACH, A. Sustainability in Additive Manufacturing – A Review, Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit, Michigan, August 10-14, p.3210-3218, 2020.

JAFFERSON, J. M.; CHATTERJEE, D. A review on polymeric materials in additive manufacturing, *Materials Today: Proceedings*, Elsevier, v.46(02), p.1349-1365, 2021.

PORSCHE NEWSROOM, Innovative pistons from a 3D printer for increased power and efficiency. Catálogo Porsche, 2020. p.2

STRATASYS, Long-Haul Tooling: Volvo Trucs' slashes time and cost of tool production with additive manufacturing. Catálogo Stratasys, 2021A. p.2

STRATASYS, General Motors rises to the challenge with 3d printing. Catálogo Stratasys, 2021B. p.2

STRATASYS, Five ways 3D printing is transforming the automotive industry. Catálogo Stratasys, 2016. p.9

Lecklider, T. 3D printing drives automotive innovation transforming the automotive industry, *Evaluation Engineering*, v.56(01), p.1-9, 2021.

Polymaker, LSEV – World's first mass produced 3d printed car. Catálogo Polymaker, 2021. p.5

JR AUTOSHOP, Catálogo de peças impressas em 3D para autos antigos. Catálogo JRV AUTOSHOP, 2021. p.2

Recebido: 2021-07-13

Aprovado: 2022-06-06.

DOI: 103895/recit. V13n32.14510

Como citar: TAMANINI,C.; WILTGEN,F. Manufatura Aditiva e as Mudanças na Indústria Automotiva. *R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol, Medianeira*, R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol, Medianeira, v. 13, n 32. 90, p 104 – 65, jan/abr 2022Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/recit>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Cleiton Tamanini.

Av. Mal. Deodoro da Fonseca, 605 - Centro, Taubaté - SP, 12080-000

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0 Internacional.

