

A relação da logística reversa e manufatura aditiva com a sustentabilidade: revisão de literatura

Tatiana dos Santos

** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)*

(e-mail: tatianasantospaulista@gmail.com)

Resumo: Este artigo tem como objetivo conduzir uma revisão sistemática da literatura sobre a prática da logística reversa para uso na manufatura aditiva e sua influência na sustentabilidade. Observou-se que em todos os artigos a Logística Reversa é explanada como algo que trará muitos benefícios não somente ao meio ambiente como ao setor financeiro das empresas. O fato de se usar o produto da Logística Reversa na Manufatura Aditiva complementa os benefícios citados, além de fazer com que a cadeia de suprimentos esteja em constante atividade circular.

Palavras-chave: Logística Reversa; Manufatura Aditiva; Impressão 3D; Sustentabilidade; Atividade circular

1. INTRODUÇÃO

Dentro do contexto da Indústria 4.0 tem se falado muito sobre a importância da logística reversa para proteger o meio ambiente e, também, para economizar recursos naturais, além do tempo desperdiçado que poderia ser otimizado (Dev et al., 2019, de Paula Ferreira et al. 2020, 2021, 2022, Marques et al. 2021, de Assis et al. 2021). A logística reversa vem sendo usada para reproduzir novos produtos e tem trazidos grandes benefícios às empresas. Por essa razão, a manufatura aditiva tem aos poucos feito uso de materiais reaproveitados e restaurados para poder fabricar seus produtos, gerando assim um ciclo reprodutivo sustentável e contribuindo para o meio-ambiente. É aí que entra a sustentabilidade, pois quando se faz a logística reversa, se recupera o que foi coletado, fabricam-se insumos e logo após os produtos, então a cadeia de suprimento se fecha e se torna algo sustentável.

De acordo com Yazdi et al., (2020), a Logística Reversa (LR) é um sistema que auxilia na redução da poluição ambiental dos produtos em sua fase final. Já a economia circular (EC) introduz os processos de reutilização, remanufatura e reciclagem, ou seja, ela não somente recolhe o material que seria descartado, como também, o recupera e o reusa em outro processo de manufatura (Dev et al., 2019). Segundo Nascimento et al., (2019), a EC tem semelhança com a sustentabilidade, pois engloba aspectos não econômicos no desenvolvimento, além da necessidade de apoio dos stakeholders e a criação de valor. Mas a EC vai além disso, pois engloba desde o berço dos materiais até a sua finalização no consumo, gerando um novo produto, fazendo assim o gerenciamento sustentável da cadeia de suprimentos.

Devido a esse interesse na EC algumas empresas optaram por investir na manufatura aditiva (MA), pois a mesma pode fazer uso de insumos sustentáveis, além de ter outras vantagens que serão citadas posteriormente. Dev et al. (2019) em seu artigo sobre EC estudaram sobre a remanufatura feita através na manufatura aditiva, pois perceberam ser um nicho de mercado descoberto através do uso da circularidade da cadeia de

suprimento. Para Nascimento et al., (2019) a MA revoluciona projetos e fabricações da área da engenharia e tem grande influência no meio ambiente, na segurança e na economia.

Com relação aos habilitadores da economia circular e a sustentabilidade, Nascimento et al., (2019) propuseram o uso de um aplicativo via celular para que as pessoas se cadastrem e avisem quando e onde descartarão determinado resíduo escolhido entre as opções presentes no app. Essas informações gerariam um mapa dos locais dos resíduos e facilitaria para que um veículo apropriado vá coletar o material, e assim, cada veículo coletaria o mesmo tipo de material, pois saberia com antecedência qual o tipo e onde coletar. Há ainda a proposta do uso do sistema Milk Run no qual o transporte (dentro de uma mesma cidade ou região próxima) entregaria os produtos encomendados e em seguida coletaria os resíduos que serão usados para fabricar os produtos que serão entregues pelo mesmo transporte.

De acordo com Del Prete e Primo (2021) peças metálicas feitas com MA atingem diretamente a melhoria na sustentabilidade e na eficiência de custos durante o ciclo de vida da produção, por isso é necessário se construir modelos com cálculos dos custos, para assim, se fazer estratégias para se ter as peças específicas necessárias para fazer a reposição das peças metálicas. Tavana et al. (2020) abordam a melhoria contínua como algo que traz sustentabilidade a empresa, mas para que isso seja possível, é necessário, muitas vezes, mudar a cultura organizacional da empresa e fazer com que os administradores apoiem a implantação do projeto de melhoria, pois sem esse apoio os demais funcionários se sentem desmotivados.

Diante dessa constatação será verificado o que a literatura tem abordado sobre o tema e suas correlações. Primeiramente será abordado sobre o que é logística reversa e sua importância. Logo após virá a descrição sobre a manufatura aditiva e será feita uma relação entre as duas e a sustentabilidade para que assim possam ser explanadas as similaridades, diferenças e complementaridades dos oito artigos escolhidos que abordaram o tema citado no início.

3. METODOLOGIA

Esta revisão sistemática da literatura baseou-se na metodologia PRISMA (Moher et al., 2009). Ao realizar a pesquisa adotando o protocolo na Tabela 1 foram encontrados 473 artigos, dos quais 8 foram selecionados para a análise qualitativa.

Tabela 1 – Protocolo de pesquisa

Base de dados:	Web Science
String:	“Additive Manufacturing” AND (sustainability or Reverse logistic)
Campos de pesquisa:	Título, resumo, palavras chaves.
Período:	Todos os tipos.
Idioma:	Inglês.
Documentos.	Artigos de Revista.

Abaixo há uma ilustração das áreas de conhecimento que foram abordadas nestes artigos.

4. ANÁLISE QUANTITATIVA

A Figura 1 mostra a evolução das publicações ao longo dos anos. Observa-se que os artigos analisados foram publicados nos últimos 5 anos. Os principais termos que aparecem nos artigos são exibidos na Tabela 2. Todos tem relação direta com o tema pesquisado.

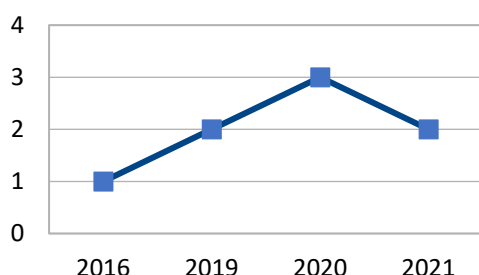


Figura 1: Evolução das publicações analisadas

Tabela 2 – Análise de palavras-chaves

Palavra-chave	Contagem
Manufatura aditiva	5
Impressão 3D	4
Logística Reversa	4
Economia Circular	2
Sustentabilidade	3
Produção sustentável	1
Operações verdes	1
Melhoria Contínua na Manufatura	1

4. ANÁLISE QUALITATIVA

A Tabela 3 apresenta uma comparação dos artigos analisados em termos de metodologias adotadas. Nota-se que Ford e Despeisse (2016), Strong et al., (2020) e Del Prete e Primo (2021) fizeram estudo de caso, sendo que o primeiro, a única diferença é que foi exploratório, já que o tema não era muito

abordado na época da publicação, e, portanto, não havia material de estudo suficiente para se fazer algo mais aprofundado. Ford e Despeisse (2016) foram os únicos a usarem fontes de notícias como material de estudo, algo que não é comum no meio acadêmico, mas que neste caso, como citado anteriormente, era a única forma de se obter material suficiente para se escrever e publicar o artigo. A opinião de especialistas foi essencial em muitos dos artigos analisados, sendo eles: Ford e Despeisse, (2016), Nascimento et al., (2019), Tavana, Shaabani e Valaei (2020) e Yazdi et al., (2020).

Alguns autores usaram técnicas não muito conhecidas por todos, mas que foram necessárias para o tipo de pesquisa que almejavam. São elas: Método experimental Taguchi, Técnica Delphi, Método BWM, ARAS e Z-number, Fuzzy FMEA, Método de entropia FUZZY Shannon, FUZZY MOORA, FUZZY TOPSIS, FUZZY SAW, Copeland e Modelo de difusão de Bass. O método experimental Taguchi foi utilizado em Dev, Shankar e Qaiser (2019) e Dev et al. (2021).

Tabela 3 - Principais metodologias abordadas nos artigos

Referência	Metodologia
Ford e Despeisse (2016)	1. Estudo de caso exploratório; 2. Análise de relatórios de consultores; 3. Fontes de notícias; 4. Especialistas do setor de manufatura aditiva.
Dev et al. (2019)	1. Método experimental Taguchi
Nascimento et al., (2019)	1. Revisão de literatura; 2. Estrutura conceitual dos conceitos; 3. Entrevistas semiestruturadas com gestores, pesquisadores e professores de gestão de operações.
Strong et al., (2020)	1. Modelo de localização de instalações (UFL); 2. Dados do Sistema de Classificação da indústria da América do Norte (p-mediana). 3. Estudo de caso.
Tavana et al. (2020)	1. Entrevista com 3 especialistas em STP (Fuzzy FMEA); 2. Método de entropia FUZZY Shannon (usou a opinião de 2 especialistas para o método de falha S, O e D); 3. FUZZY MOORA, FUZZY TOPSIS, FUZZY SAW; 4. Copeland.
Yazdi et al., (2020)	1. Análise de estudos anteriores; 2. Estudo de caso; 3. Entrevistas com especialistas; 4. Técnica Delphi, Método BWM, ARAS e Z-number.
Del Prete e Primo (2021)	1. Estudo de caso.
Dev et al. (2021)	1. Modelo de difusão de Bass; 2. Método experimental Taguchi.

Com relação aos resultados dos artigos analisados, em Ford e Despeisse (2016) o artigo abordou as formas que a MA pode auxiliar na sustentabilidade através dos desenhos de componentes, produtos e processos sustentáveis.

Nascimento et al., (2019) recomendaram o uso do modelo de negócio circular para reaproveitar as sucatas de dispositivos eletrônicos, integrando logística reversa, tecnologias web e manufatura aditiva, reinserindo, dessa forma, resíduos na cadeia de suprimento para a fabricação de produtos em 3D e assim reduzindo o impacto ambiental. Dev et al. (2019) constataram que a produção sustentável com uso da tecnologia 4.0 tem um maior alcance em relação ao consumidor final, assim quanto mais manufatura sustentável se produz, mais a cadeia circular entra em ação.

Strong et al., (2020) Verificaram que para se reparar uma peça aeroespacial (objeto do estudo de caso) através da MA custaria US\$ 30.000 enquanto para reparar do modo tradicional custaria US\$ 40.000, ou seja, fazer com a MA geraria uma economia de US\$ 10.000 por peça. Outra constatação foi de que os custos de transporte com LR para levar o material da oficina até o local de remanufaturar e depois trazer novamente, ou seja, da forma tradicional sairia mais caro do que fabricá-las com a MA em um hub. Também foram encontrados os melhores locais para se implantar centros de remanufaturar aditivamente, os quais poderão fazer os reparos para peças metálicas.

Tavana, Shaabani e Valaei (2020) constataram que a baixa participação e cooperação dos funcionários é a principal barreira para se implantar a melhoria contínua em uma empresa. Outras razões como pouco apoio dos gestores, falta de conhecimento da organização e uma comunicação deficitária, também, contribuem para que o projeto de melhoria contínua não flua como deveria. Em Yazdi et al., (2020) das sete empresas de saúde analisadas (5 privadas e 2 públicas) uma pública foi considerada a melhor em relação ao modelo de LR implantado e a pior foi uma privada. A pública teve um alto investimento governamental e, por isso, obteve grandes resultados.

Del Prete e Primo (2021) os resultados obtidos no estudo de caso destacaram que a plataforma AMSA oferece um ótimo serviço para quem busca orientação sobre uso da MA na produção mesmo que o produto tenha uma geometria complexa. Dev et al. (2021) analisaram um sistema de logística reversa através de simulações em uma fábrica virtual e de compartilhamento de informações em tempo real. Para que os consumidores tivessem mais interesses em produtos verdes foi sugerida uma interação com os mesmos através de redes sociais.

Observa-se que todos os artigos abordaram de alguma forma (uns com maior ênfase outros não) a importância da LR na economia circular em si e, principalmente com o uso da MA para que haja sustentabilidade na produção e para o meio ambiente.

4. OPORTUNIDADES PARA PESQUISAS FUTURAS

Ford e Despeisse, (2016) aconselharam que se façam estudos mais aprofundados sobre o tema MA ligado à sustentabilidade, pois a pesquisa na época foi exploratória e havia pouco estudo sobre o tema. Além disso, abordaram sobre se fazer estudos com diferentes tipos de indústrias, setores, produtos e organizações.

Nascimento et al., (2019) comentaram sobre ter uma amostra maior de especialistas para obter melhores resultados nas entrevistas sobre modelos de negócios circulares. Em Dev et al. (2019) foi recomendado fazer um estudo mais aprofundado com mais empresas, além de medir o desempenho na área ambiental e econômica considerando a logística reversa efetuada nos produtos que seriam descartados no meio ambiente.

Strong et al., (2020) indicam fazer o mesmo estudo em outras cidades, estados e países para localizar os melhores locais para se implantar centros de remanufaturas através da MA. Tavana et al. (2020) sugeriram que se façam entrevistas com gestores de alto escalão para se descobrir as principais barreiras que os impedem de apoiar a implementação em melhoria contínua nas organizações e, também, poderia ser feita uma análise para ver como se encaixam os resultados obtidos na pesquisa em organizações diferentes com culturas e contextos diversos.

Yazdi et al., (2020) indicaram fazer o mesmo tipo de pesquisa de implantação de LR na área da saúde em outros países e testar se a decisão implantada pelas mesmas tem sido produtiva ou não. Del Prete e Primo (2021) aconselharam que se faça uma pesquisa mais aprofundada para se ter certeza de que a plataforma AMSA consegue dar suporte para todo tipo de produtos, seria interessante testar com outras geometrias para confirmar ou não a eficiência da plataforma em conseguir dar respostas às demandas dos usuários.

Dev et al. (2021) deixaram como gap fazer um estudo levando em conta a distância entre o fabricante e o armazém de coleta e sobre um sistema de nuvem comum para gerenciar a demanda.

5. CONCLUSÕES

Ao se analisar todos os artigos pode-se notar que há muitos gaps de pesquisas, pois o assunto estudado de uma forma conjunta, além de ser atual, ainda não é abordado em todas as suas formas possíveis, afinal é um tema bem abrangente e importante para a sociedade em geral.

REFERÊNCIAS

- De Assis, R. F., de Santa-Eulalia, L. A., Ferreira, W. D. P., Armellini, F., Anholon, R., Rampasso, I. S., & Santos, J. G. C. L. D. (2021). Translating value stream maps into system dynamics models: a practical framework. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 114(11), 3537-3550. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07053-y>
- Del Prete, A., & Primo, T. (2021). Innovative methodology for the identification of the most suitable additive technology based on product characteristics. *Metals*, 11(3), 409. DOI:10.3390/met11030409
- De Paula Ferreira, W., Armellini, F., & De Santa-Eulalia, L. A. (2020). Simulation in industry 4.0: A state-of-the-art review. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106868. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106868>
- De Paula Ferreira, W., Armellini, F., de Santa-Eulalia, L. A., & Thomasset-Laperrière, V. (2022). Extending the lean

- value stream mapping to the context of Industry 4.0: An agent-based technology approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 63, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.02.002>
- De Paula Ferreira, W. D., Palaniappan, A., Armellini, F., Santa-Eulalia, L. A. D., Mosconi, E., & Marion, G. (2021). Linking industry 4.0, learning factory and simulation: Testbeds and proof-of-concept experiments. In *Artificial Intelligence in Industry 4.0* (pp. 85-96). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61045-6_7
- Dev, N. K., Shankar, R., & Qaiser, F. H. (2019). Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104583. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104583>
- Dev, N. K., Shankar, R., Zacharia, Z. G., & Swami, S. (2021). Supply chain resilience for managing the ripple effect in Industry 4.0 for green product diffusion. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51(8), 897-930. DOI : 10.1108/IJPDLM-04-2020-0120
- Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of cleaner Production*, 137, 1573-1587. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepo.2016.04.150>
- Marques, R., de Paula Ferreira, W., Nassif, G., Armellini, F., Dungen, J., & de Santa-Eulalia, L. A. (2021). Exploring the application of IoT in the service station business. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 402-407. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.163>
- Moher, D., Liberati, A; Tetzlaff, J; Alemanha, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic review and meta-analyses: the PRISMA Statement. *A nas of Internal Medicine*. 151 (4), 264-270. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Nascimento, D. L. M., Alencastro, V., Quelhas, O. L. G., Caiado, R. G. G., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Tortorella, G. (2019). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 607-627. DOI: 10.1108/JMTM-03-2018-0071
- Strong, D., Kay, M., Wakefield, T., Sirichakwal, I., Conner, B., & Manogharan, G. (2020). Rethinking reverse logistics: role of additive manufacturing technology in metal remanufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 31(1), 124-144. DOI:10.1108/JMTM-04-2018-0119
- Tavana, M., Shaabani, A., & Valaei, N. (2020). An integrated fuzzy framework for analyzing barriers to the implementation of continuous improvement in manufacturing. *International Journal of Quality & Reliability Management*. 38(1) 116-146. DOI: 10.1108/IJQRM-06-2019-0196
- Yazdi, A. K., Wanke, P. F., Hanne, T., & Bottani, E. (2020). A decision-support approach under uncertainty for evaluating reverse logistics capabilities of healthcare providers in Iran. *Journal of Enterprise Information Management*. 33(5), 991-1022. DOI: 10.1108/JEIM-09-2019-0299