
RESUMO

O presente artigo analisa a produção sustentável de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), considerando os conceitos de economia circular, logística reversa e o potencial da impressão 3D como estratégia de fabricação ecologicamente correta e financeiramente viável. A pesquisa, de natureza bibliográfica, parte da pergunta central: “A produção atual de EPIs é sustentável?”, e tem como objetivos específicos apresentar os conceitos de economia circular e logística reversa e identificar modelos de negócio sustentáveis a partir da tecnologia de impressão 3D. Investiga-se a viabilidade da manufatura desses equipamentos a partir de modelos de negócios sustentáveis, visando minimizar impactos ambientais e otimizar recursos produtivos. Discutem-se as bases teóricas da economia circular, enquanto estratégia que busca a maximização do uso de materiais e a redução de resíduos, e da logística reversa, como prática para o reaproveitamento e destinação adequada de materiais. A impressão 3D é analisada como ferramenta fundamental na fabricação rápida e eficiente de EPIs, conforme exemplificado na produção de protetores faciais durante a pandemia da COVID-19. Além disso, são discutidos os desafios técnicos do uso de materiais reciclados na manufatura aditiva, destacando-se a necessidade de avanços tecnológicos para ampliar sua aplicação em EPIs. O estudo conclui que a integração entre impressão 3D, economia circular e logística reversa pode impulsionar a criação de modelos de negócios mais sustentáveis no setor de EPIs, promovendo benefícios ambientais, sociais e econômicos.

Palavras-chave: Economia Circular. Logística Reversa. EPIs. Impressão 3D. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This article analyzes the sustainable production of Personal Protective Equipment (PPE), considering the concepts of circular economy, reverse logistics, and the potential of 3D printing as an environmentally friendly and financially viable manufacturing strategy. The bibliographic research is guided by the central question: “**Is current PPE production sustainable?**” and has the specific objectives of **presenting the concepts of circular economy and reverse logistics** and **identifying sustainable business models based on 3D printing technology**. It investigates the feasibility of manufacturing these items through sustainable business models aimed at minimizing environmental impacts and optimizing production resources. The theoretical foundations of the circular economy are discussed as a strategy to maximize material use and reduce waste, along with reverse logistics as a practice for reusing and properly disposing of materials. 3D printing is examined as a key tool for the rapid and efficient production of PPE, as exemplified by the manufacturing of face shields during the COVID-19 pandemic. In addition, the technical challenges of using recycled materials in additive manufacturing are discussed, highlighting the need for technological advances to expand their application in PPE. The study concludes that integrating 3D printing, circular economy, and reverse logistics can drive the creation of more sustainable

**Matheus Henrique
Matins Furtado**

Fatec Assis

*matheus.furtado6@fatec.sp.gov.
br*

**Patricia Irina Loose de
Moraes**

Fatec Assis

patricia.moraes2@fatec.sp.gov.br

business models in the PPE sector, promoting environmental, social, and economic benefits.

Keywords: Circular Economy. Reverse Logistics. PPE. 3D Printing. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

No avançar das décadas do século XXI, é cada vez mais premente o desequilíbrio ambiental do planeta. De catástrofes naturais, como as observadas no Rio Grande do Sul em 2024, a pandemia de COVID-19, o cenário se aclara em relação a necessidade de repensar a forma como os seres humanos interagem com os recursos naturais e com a produção industrial, que impacta diretamente aqueles.

No que se refere ao desenvolvimento industrial, é importante pensar não só naquilo que é gerado, mas nos sujeitos que atuam nesse setor de trabalho. Isto dito, refletir, ou melhor, continuar refletindo sobre a segurança do trabalhador se faz tópico fundamental, mas, agora, à luz das novas dinâmicas ambientais, pensando na sustentabilidade tanto das práticas dos indivíduos quanto dos equipamentos individuais que os protegem no trabalho cotidiano. Essa percepção se justifica pela necessidade de mudar a lógica da exploração dos recursos, visando um ambiente de trabalho com danos minimizados, tanto ao sujeito quanto a sua casa comum, o planeta.

Por conta do crescimento urbano e econômico o problema da devastação global e seus recursos limitados se tornou explícita aos olhos do mundo, tal preocupação não é guiada apenas por uma ótica ambientalista, mas sim também pelo pensamento corporativo de gestão de recursos, que busca cuidar de suas fontes de matéria prima, assim, evitando uma futura escassez. Tal questão justifica mais ainda o uso de conceitos como economia circular e logística reversa, que, utilizando de forma correta, traz vantagens como: o uso otimizado de recursos, melhor imagem da empresa, sustentabilidade, aumento dos lucros, redução do impacto ambiental, participação social etc. (segundo Gletiana Góis Pereira e Nereu Rodrigues Moreira).

A partir disso, trazemos à tona a seguinte indagação: a produção de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é sustentável? Para responder essa questão, nos valem do seguinte objetivo geral: compreender se a produção de EPIs se dá, contemporaneamente, de forma sustentável ambiental e financeiramente. Como objetivos específicos, temos os seguintes:

- Apresentar os conceitos de economia circular e logística reversa.
- Identificar modelos de negócio sustentáveis a partir de tecnologia de impressão 3D.

A metodologia utilizada neste estudo se trata de um levantamento bibliográfico de artigos, consolidando e analisando as contribuições acadêmicas e científicas pertinentes ao tema abordado.

A presente pesquisa se justifica na relevância da sustentabilidade nas práticas industriais da pós-modernidade, principalmente em relação à produção de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Em virtude dos desafios ambientais globais e da necessidade de viabilidade econômica nas

cadeias produtivas, torna-se central compreender se a manufatura de EPIs adota estratégias que unam sustentabilidade ambiental e financeira. Assim, o estudo dessa possível relação se mostra pertinente não apenas para avaliar o comprometimento do setor com práticas sustentáveis, mas também para fundamentar novos marcos no setor privado quanto à lógica sustentável da produção de equipamentos da área de segurança do trabalho.

Após as reflexões introdutórias, discutiremos, no desenvolvimento, os conceitos de economia circular e logística reversa, bem como seus entrelaçamentos; na metodologia, realizamos o detalhamento dos procedimentos que nos permitiram visualizar o papel da produção de EPIs no contexto abordado; na análise de resultados e discussão ponderaremos sobre como o *corpus* de pesquisa apresenta as questões propostas pelos objetivos ou não; para concluirmos, apresentamos nossas considerações finais.

2 DESENVOLVIMENTO

O modelo de economia circular tem como base a produção de forma sustentável, quando aplicado corretamente, é possível diminuir os resíduos no ecossistema e aproveitar os recursos ao máximo, possivelmente reduzindo os custos de produção. Conforme explicitaram-se os limites de recursos naturais do planeta, a economia circular, a partir dos anos 90, integra-se com maior relevo às discussões da ecologia industrial segundo Bocken *et al.* (2016), sendo um conceito posterior e complementar a este.

Já a logística reversa, teve seu conceito metamorfoseado ao longo das últimas décadas do século passado. De acordo com Rodrigues *et al.* (2002), nos anos 80, o conceito era entendido como “o movimento de bens do consumidor para o produtor por meio de um canal de distribuição”, ao passo que, nos anos 90, há distintas abordagens deste. Como exemplo, pode-se mencionar:

a logística do retorno dos produtos, redução de recursos, reciclagem, e ações para substituição de materiais, reutilização de materiais, disposição final dos resíduos, reaproveitamento, reparação e remanufatura de materiais (Rodrigues *et al.*, 2002, p.2).

Portanto, multiplicam-se os entendimentos acerca da compreensão da logística reversa na década que encerra o século passado.

Logo, ao aprofundar-se dentro dos conceitos de logística reversa e economia circular, é revelado que tais ideias visam um melhor aproveitamento de recursos e a reutilização de resíduos e materiais, fatores possivelmente impactantes quando implementados no modelo de negócio de uma empresa, algo favorável financeiramente e ecologicamente.

Uma das formas de garantir a efetivação da lógica da economia circular e logística reversa, seria por meio da produção sustentável de EPIs, tão presentes no dia a dia de empresas dos mais diversos setores.

Um dos possíveis meios de realizar essa empreitada pode ser a impressão 3D, que é a forma de gerar novos produtos utilizando-se de uma máquina abastecida de filamentos, que provém de diversas origens, como o Ácido Polilático (PLA), a Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) e o Polietileno Tereftalato (PETG). Contudo, a escolha pelo tipo de material a gerar esses EPIs, bem como em relação a técnica empregada deve passar pelo critério de sustentabilidade, isto é, qual modo de fazer gera menores impactos ambientais e maior retorno financeiro.

Segundo Snigdha, Hiloidhari e Bandyopadhyay (2023), durante o período da pandemia de COVID-19, ocorreu um aumento expressivo do uso de plásticos, evidenciando uma dependência acerca do uso desse material que causa danos irreversíveis ao meio ambiente e degradação da saúde humana. O setor de saúde, destacou-se pelo uso intensivo de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) descartáveis, como os macacões de proteção, que representam uma ameaça aos ecossistemas terrestres e aquáticos devido à sua alta frequência de descarte e difícil degradação.

Para validar e exemplificar a usabilidade da impressão 3D no ramo dos EPIs, é válido observar um caso real. Durante o período da pandemia de COVID-19, o departamento de anestesiologia da University of Nebraska Medical Center (UNMC) necessitava de protetores faciais, porém, devido a crise global, a busca por esses equipamentos era altíssima. Segundo Armijo *et al.* (2021, p. 303)¹,

Due to the high demand and low supply of commercially produced face shields, UNMC turned to in-house 3D printed face shields using publicly available resources. Using this strategy, UNMC was able to quickly and efficiently produce 112 face shields in approximately 72 hours using four relatively inexpensive and readily available 3D printers. The face shields were deployed for use by our clinical anesthesia providers the very next day, along with a sterilization protocol that allowed for the reuse of the face shields. The methods developed by UNMC as described in this paper was also successfully replicated by the 15th Maintenance Squadron (15th Wing Airmen Joint Base Pearl Harbor-Hickam) and the Combat Logistics Battalion 3 Marines (Marine Corps Base Hawaii) to rapidly produce and supply face shields to healthcare providers (nurses, medics, physicians, intensivists) at Tripler Army Medical Center (Tripler AMC, HI).

É importante ressaltar que o presente exemplo diz respeito à agilidade e não à sustentabilidade, posto que o artigo não traz dados sobre isso.

¹ Tradução nossa: Devido à alta demanda e baixa oferta de protetores faciais produzidos comercialmente, a UNMC recorreu a protetores faciais impressos em 3D internamente usando recursos disponíveis de forma pública. Usando essa estratégia, a UNMC foi capaz de produzir de forma rápida e eficiente 112 protetores faciais em aproximadamente 72 horas, usando quatro impressoras 3D relativamente baratas e prontamente disponíveis. Os protetores faciais foram implantados para uso por nossos anestesiológicos clínicos no dia seguinte, juntamente com um protocolo de esterilização que permitiu a reutilização dos protetores faciais. Os métodos desenvolvidos pela UNMC, conforme descritos neste artigo, também foram replicados com sucesso pelo 15º Esquadrão de Manutenção (15ª Base Conjunta de Aviadores da Ala Pearl Harbor-Hickam) e pelo Batalhão de Logística de Combate 3 Fuzileiros Navais (Base do Corpo de Fuzileiros Navais do Havaí) para produzir e fornecer rapidamente protetores faciais para profissionais de saúde (enfermeiros, médicos, médicos, intensivistas) no Tripler Army Medical Center (Tripler AMC, HI).

Ao analisar os resultados, torna-se evidente que a impressão 3D possui a versatilidade necessária para grandes demandas, projetos específicos e criação de EPIs, visto que no mesmo artigo, os autores afirmam que as máscaras criadas são comparáveis às convencionais e com uma área de proteção melhor.

Ainda com o intuito de validar as capacidades da tecnologia de impressão 3D, cabe analisar mais casos onde o processo de fabricação 3D se mostrou eficaz. Segundo Camargo, Barbosa e Santos (2021), a tecnologia das impressoras 3D, permitiu a criação de peças de reposição para equipamentos, algo que costuma ser custoso e demorado, se tornou um processo de baixo custo e relativamente mais simples, validando novamente o uso da tecnologia e trazendo vantagens para a manutenção industrial.

De acordo com Oynlola *et al.* (2023), o desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D possui elevado potencial para transformar sociedades de baixa renda. Através de uma pesquisa apurada, o autor pontua que existe uma oportunidade de crescimento para a população da África subsaariana, uma alternativa promissora identificada é a produção local de filamentos a partir de resíduos plásticos, recurso abundante na região, que além de reduzir custos, contribui diretamente para a mitigação dos impactos ambientais associados à poluição plástica. Apesar dos desafios técnicos identificados, torna-se claro que tal tecnologia apresenta um grande potencial, possibilitando práticas sustentáveis e impacto ambiental positivo.

Ainda no que se refere ao contexto das impressões 3D, é preciso salientar o papel das extrusoras na lógica de economia circular a qual pretendemos vincular a produção de EPIs. Uma vez feita a impressão de um objeto, gera-se um resíduo de material, que pode ser reaproveitado para alimentar uma extrusora. Tal maquinário derrete e mistura o resíduo, o expelindo na forma de um filamento. Cabe, porém, explicitar que esse filamento gerado é dotado de menor resistência em relação a um filamento “puro”, algo que é relatado segundo Hasan *et al.* (2024), onde em sua pesquisa descreve os desafios ao utilizar o PLA reciclado, mas ressalta seu potencial e destaca que existem poucos artigos de pesquisa sobre o uso de plásticos reciclados na manufatura aditiva. Logo, concluímos que o filamento reciclado tem limitações para EPIs de alta resistência, mas pode ser viável em componentes auxiliares, como uma possibilidade de criação de objetos decorativos por exemplo, consolidando, dessa forma, uma distinta frente de negócio para a empresa que adota essa lógica sustentável. Com isso, ocorre a maximização dos lucros da instituição privada, posto que se adota um olhar mais sustentável, tanto economicamente quanto em relação ao dejetado produzido e o seu impacto ambiental.

Portanto, entende-se que ao implementar os conceitos de economia circular e logística reversa juntamente ao processo de impressão 3D, é possível criar um modelo de negócio, estável financeiramente e ecologicamente correto dentro do mercado de EPIs.

3 METODOLOGIA

Por meio de uma metodologia baseada em levantamento bibliográfico, realizado no Google Acadêmico, foram obtidas as fontes utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho. Os descritores empregados foram os seguintes: “Economia Circular”; “Logística Reversa”; “Sustentabilidade”; “Impressão 3D”; e “EPIs”. Apesar do volume encontrado de artigos, a produção que relaciona todos os descritores é reduzida, justificando, portanto, a quantidade de artigos que respaldam a presente análise. Isto dito, foram selecionados oito artigos ao todo, três em Língua Portuguesa e cinco em Língua Inglesa, sendo eles:

O primeiro artigo se intitula “Economia circular: A importância da logística reversa”, e tem como autores Gletiana Góis Pereira e Nereu Rodrigues Moreira, sendo publicado em 2025, na revista *Advances in Global Innovation & Technology (GIT)*; O segundo artigo é nomeado de “Product design and business model strategies for a circular economy”, com seus autores sendo Nancy M. P. Bocken, Ingrid de Pauw, Conny Bakker e Bram van der Grinten, publicado em 2016, pela revista *Journal of Industrial and Production Engineering*; O terceiro artigo, nomeado de “Logística reversa – Conceitos e componentes do sistema” foi escrito por Déborah Francisco Rodrigues, Gisela Gonzaga Rodrigues, José Eugenio Leal e Nélío Domingues Pizzolato, publicado em 2002 nos anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGETP).

Seguindo, o quarto artigo tem como nome “Environmental footprints of disposable and reusable personal protective equipment a product life cycle approach for body coveralls” tendo como autores Snigdha, Moonmoon Hiloidhari e Somnath Bandyopadhyay, sendo publicado em 2023, na revista *Journal of Cleaner Production*; O quinto artigo é intitulado como “3D printing of face shields to meet the immediate need for PPE in an anesthesiology department during the COVID-19 pandemic” e tem como autores Priscila R. Armijo, Nicholas W. Markin, Scott Nguyen, Dao H. Ho, Timothy S. Horseman, Steven J. Lisco e Alicia M. Schiller, tendo sido publicado em 2021 na revista *American Journal of Infection Control (AJIC)*; O sexto artigo se intitula “Impressão 3D na manutenção industrial e a redução de custos” tendo como autores Giulia Roberta Rodrigues Camargo, Pedro Augusto Gomes Barbosa, Fernando de Almeida Santos, foi publicado em 2021 pela revista *ABCCustos*; O sétimo, nomeado de “The potential of converting plastic waste to 3D printed products in Sub-Saharan Africa” foi escrito por Muiyiwa Oyinlola, Silifat Abimbola Okoya, Timothy Whitehead, Mark Evans e Anne Sera Lowe, foi publicado em 2023 pela revista *Resources, Conservation & Recycling Advances (RCR Advances)*; O oitavo e último artigo é nomeado de “Potential of recycled PLA in 3D printing: A review”, com seus autores sendo Mohammad Raquibul Hasan, Ian J. Davies, Alokesh Pramanik, Michele John e Wahidul K. Biswas, foi publicado em 2024 na revista *Sustainable Manufacturing and Service Economics (SM&T)*.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS E DISCUSSÃO

O artigo “Economia circular: A importância da logística reversa”, dos autores Gletiana Góis Pereira e Nereu Rodrigues Moreira dialoga sobre a necessidade de modificar processos tradicionais a partir da lógica da economia circular de forma clara. A importância da logística reversa dentro dessa abordagem é ressaltada pelos autores, destacando funções como a preservação de recursos naturais, a redução de resíduos e a geração de valor sustentável para organizações.

Apesar da ausência de dados quantitativos, existe uma articulação de conceitos da sustentabilidade na prática empresarial, evidenciando como a logística reversa colabora para o fim do ciclo de vida dos produtos. O artigo traz um debate pertinente sobre a sustentabilidade e inovação na gestão empresarial, evidenciando as qualidades estratégicas da logística reversa no contexto da economia circular, de forma objetiva, bem estruturada e de fácil entendimento.

Mesmo com suas contribuições a cerca dos conceitos citados, o artigo não se propõe a abordar tópicos como impressão 3D e fabricação sustentável de EPIs, tendo um foco específico na economia circular e logística reversa como uma possível solução para questões ambientais, visando o desenvolvimento sustentável.

O artigo “Product design and business model strategies for a circular economy”, dos autores Nancy M. P. Bocken, Ingrid de Pauw, Conny Bakker e Bram van der Grinten aborda a necessidade crescente de práticas sustentáveis por parte das empresas, visto que a percepção sobre a finitude dos recursos naturais foi se explicitando. Os autores apresentam o conceito de economia circular e descrevem seu surgimento na área da ecologia industrial. Eles argumentam que o modelo linear tradicional de produção é insustentável a longo prazo, se diferenciando do conceito de economia circular, que propõe um ciclo de reutilização, trazendo benefícios ambientais e econômicos.

Assim, sugerem uma transição para o modelo circular, fornecendo exemplos e estratégias de aplicabilidade, também destacando a importância de um design de produto que seja reparável e reciclável, deixando claro que tal design deve trabalhar em conjunto com um modelo de negócio sustentável ao invés de separar esses temas. A riqueza de exemplos e contribuição com indicações de áreas para futuras pesquisas certamente são pontos positivos do artigo.

Vale ressaltar que o artigo apresenta estratégias claras, porém, sem uma análise crítica sobre possíveis limitações ou falhas. Ele trata de sugestões de implementação e descrição de conceitos e exemplos, sem propor soluções com impressão 3D ou produção sustentável de EPIs, mas se mantendo dentro do tema sustentabilidade e demonstrando sugestões válidas.

O artigo "Logística Reversa – Conceitos e Componentes do Sistema", apresentado no XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) dos autores Déborah Francisco Rodrigues,

Gisela Gonzaga Rodrigues, José Eugenio Leal e Nélío Domingues Pizzolato oferece uma análise sobre logística reversa, descrevendo seus fundamentos e seu surgimento, sua mutação ao longo do tempo e suas questões operacionais. Fatores como o aumento de resíduos, a escassez de matéria-prima e a conscientização ambiental são enfatizados pelos autores.

A importância de considerar aspectos como vida útil de produtos, tipo de ciclo, nível de integração empresarial e objetivos estratégicos são destacados ao decorrer do texto, assim como a diferenciação dos fluxos de bens de pós-venda e de pós-consumo. Deixando claro que uma empresa pode ter objetivos distintos ao implementar tal estratégia, ganhos econômicos, conformidade legal ou melhoria da imagem corporativa.

O texto apresenta o conceito de logística reversa com maestria, citando historicamente e descrevendo suas características, porém, quanto a sua implementação poderia ser aprofundada com exemplos práticos; o texto não se propôs a citar qualquer estratégia utilizando impressão 3D ou criação de EPIs sustentáveis.

O artigo “Environmental footprints of disposable and reusable personal protective equipment a product life cycle approach for body coveralls” escrito por Snigdha, Moonmoon Hiloidhari e Somnath Bandyopadhyay apresenta uma análise robusta e pertinente sobre os impactos ambientais associados ao ciclo de vida de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), com ênfase nos macacões descartáveis e reutilizáveis utilizados no setor de saúde, especialmente no contexto indiano durante a pandemia de COVID-19. A relevância do tema está diretamente associada ao aumento exponencial do consumo de materiais plásticos, agravado pela crise sanitária global, que gerou consequências significativas tanto para os ecossistemas quanto para a saúde humana. Em síntese, o estudo oferece uma contribuição valiosa para a discussão sobre sustentabilidade no setor de saúde, especialmente em tempos de crises sanitárias sem mencionar uso da tecnologia de impressão 3D.

A metodologia adotada demonstra rigor científico, especialmente ao adaptar o modelo à realidade indiana, tradicionalmente carente de bancos de dados específicos

No artigo “3D printing of face shields to meet the immediate need for PPE in an anesthesiology department during the COVID-19 pandemic” dos autores Priscila R. Armijo, Nicholas W. Markin, Scott Nguyen, Dao H. Ho, Timothy S. Horseman, Steven J. Lisco e Alicia M. Schiller é descrito que por conta da escassez de equipamentos de proteção individual (EPIs) durante a pandemia da COVID-19, uma grande dificuldade de obtenção desses aparatos se apresentou para alunos de um centro médico acadêmico.

Como descrito no artigo, a solução encontrada foi a utilização da impressão 3D, de forma emergencial, porém muito competente, quatro impressoras foram capazes de produzir 112 protetores faciais em aproximadamente 72 horas. O texto detalha todo o processo e relata que a qualidade dos equipamentos era satisfatória, estando prontos para o uso no dia seguinte, provando a aplicabilidade e eficiência da

tecnologia 3D. Esse método foi replicado por um centro medico militar posteriormente, obtendo resultados positivos, suprimindo uma demanda de emergência.

O texto, ao descrever o processo em detalhes, apresentam uma solução replicável e de baixo custo, capaz de produzir resultados impressionantes, explicitando que é possível produzir EPIs de forma sustentável.

O artigo “Impressão 3D na Manutenção Industrial e a Redução de Custos” dos autores Giulia Roberta Rodrigues Camargo, Pedro Augusto Gomes Barbosa, Fernando de Almeida Santos, aborda de maneira pertinente e atual a utilização da impressão 3D como estratégia para otimização da manutenção industrial e redução de custos operacionais. A pesquisa, conduzida por meio de um estudo de caso em uma empresa do ramo alimentício, demonstra que a adoção da manufatura aditiva permite ganhos expressivos na produtividade e na gestão de custos, além de reduzir significativamente o tempo de inatividade dos equipamentos.

A proposta do artigo é extremamente relevante no contexto da Indústria 4.0, ao demonstrar como tecnologias emergentes, como a impressão 3D, podem impactar positivamente processos tradicionais, especialmente na área de manutenção.

Do ponto de vista metodológico, o artigo se destaca pela aplicação de uma abordagem prática, baseada em dados reais coletados por meio de entrevistas e questionários, o que fortalece a validade das conclusões.

No artigo “The potential of converting plastic waste to 3D printed products in Sub-Saharan Africa” dos autores Muyiwa Oyinlola, Silifat Abimbola Okoya, Timothy Whitehead, Mark Evans e Anne Sera Lowe, uma discussão extremamente relevante acerca do potencial de transformação socioeconômica da manufatura aditiva, especialmente aplicada à conversão de resíduos plásticos em filamentos para impressão 3D na África Subsaariana é apresentada. A proposta se insere de maneira contundente no debate contemporâneo sobre economia circular, desenvolvimento sustentável e redução dos impactos ambientais associados à gestão inadequada de resíduos plásticos.

O trabalho se destaca por adotar uma abordagem que combina revisão crítica da literatura, experimentações laboratoriais e entrevistas com stakeholders locais. Essa estratégia fortalece a análise ao integrar aspectos técnicos, sociais e culturais, evidenciando não apenas os desafios tecnológicos da manufatura aditiva com materiais reciclados

E no artigo, “Potential of recycled PLA in 3D printing: A review” dos autores Mohammad Raquibul Hasan, Ian J. Davies, Alokesh Pramanik, Michele John e Wahidul K. Biswas apresenta uma análise sistemática sobre a viabilidade técnica, ambiental e econômica do uso do ácido polilático reciclado na manufatura aditiva, com foco na impressão 3D. Através de uma revisão da literatura recente, os autores abordam os principais desafios e oportunidades associados à reciclagem do PLA.

O artigo destaca que o PLA reciclado sofre degradação durante os ciclos de reciclagem, o que compromete suas propriedades mecânicas e térmicas. Essa limitação é reconhecida como um entrave significativo para a substituição plena do PLA puro em aplicações que demandam alta resistência e durabilidade. Contudo, a revisão aponta que avanços em aditivos compatibilizantes e ajustes nos parâmetros de impressão têm demonstrado potencial para mitigar essas deficiências, sinalizando caminhos promissores para o aprimoramento do desempenho do PLA reciclado.

Por fim, o artigo oferece uma contribuição relevante ao sintetizar o estado atual do conhecimento sobre o PLA reciclado e ao apontar lacunas para investigações futuras.

Em suma, a partir dos conceitos apresentados pelos artigos e pela forma como os elaboram, podemos compreender que, unificando economia circular, logística reversa e impressão 3D, podemos modificar a forma como são produzidos os EPIs, com uma perspectiva mais sustentável, com maior retorno financeiro e que vislumbra novos usos para conceitos e tecnologias já conhecidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na introdução deste artigo, destaca-se a urgência em repensar a relação humana com os recursos naturais, enfatizando a necessidade de práticas industriais sustentáveis, visando minimizar impactos ambientais e proteger os trabalhadores. Questiona-se também se a produção de EPIs é sustentável, financeiramente e ambientalmente.

Durante o desenvolvimento, os conceitos de economia circular e logística reversa foram devidamente discutidos, exemplificando e aprofundando os debates sobre a vinculação desses conceitos. Em seguida, para validar a importância da impressão 3D no ramo de EPIs, traçamos um paralelo com o caso de produção de protetores faciais no contexto da pandemia de COVID-19 e posteriormente, a funcionalidade de um extrusor é descrita.

Na terceira parte, detalhamos o levantamento bibliográfico usado e comentamos sobre os pontos principais dos artigos selecionados a partir de descritores específicos. Ao realizar a análise de resultados, uma descrição sucinta, ressaltando os pontos mais importantes de cada artigo utilizado foi feita, com o intuito de articular os fundamentos discutidos pelos artigos e coloca-los em perspectiva.

Em síntese, vale frisar que conceitos como economia circular e logística reversa são de suma importância para a sociedade contemporânea, dado que a junção de tais estratégias, juntamente de tecnologias emergentes, possuem o potencial necessário para garantir uma relação lucrativa e sustentável dentro de organizações. A sugestão, então, de uma produção sustentável de EPIs é apenas uma pequena parte das possibilidades que a junção de tais conceitos possui.

6 REFERÊNCIAS

- ARMIJO, Priscila R.; MARKIN, Nicholas W.; NGUYEN, Scott; HO, Dao H.; HORSEMAN, Timothy S.; LISCO, Steven J.; SCHILLER, Alicia M. **3D printing of face shields to meet the immediate need for PPE in an anesthesiology department during the COVID-19 pandemic.** American Journal of Infection Control, v. 49, n. 6, p. 727-732, 2021. DOI: 10.1016/j.ajic.2021.01.009.
- BOCKEN, Nancy M. P.; PAUW, Ingrid de; BAKKER, Conny; VAN DER GRINTEN, Bram. **Product design and business model strategies for a circular economy.** Journal of Industrial and Production Engineering, v. 33, n. 5, p. 308-320, 2016. DOI: 10.1080/21681015.2016.1172124.
- CAMARGO, Giulia R. R.; BARBOSA, Pedro A. G.; SANTOS, Fernando de Almeida. **Impressão 3D na manutenção industrial e a redução de custos.** Revista da ABCustos, v. 16, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47179/abcustos.v16i1.593>. Acesso em 10 jun. 2025
- HASAN, Mohammad Raquibul; DAVIES, Ian J.; PRAMANIK, Alokesh; JOHN, Michele; BISWAS, Wahidul K. **Potential of recycled PLA in 3D printing: A review.** Sustainable Manufacturing and Service Economics, v. 10, p. 1-12, 2024.
- OYINLOLA, Muiyiwa; LOWE, Anne Sera. **The potential of converting plastic waste to 3D printed products in Sub-Saharan Africa.** Resources, Conservation & Recycling Advances, v. 18, p. 1-10, 2023.
- PEREIRA, Gletiana Góis; MOREIRA, Nereu Rodrigues. **Economia circular: A importância da logística reversa.** Revista Advances in Global Innovation & Technology, v. 3, n. 2, p. 1-10, 2025. DOI: 10.29327/2384439.3.2-8. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/2384439.3.2-8>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- RODRIGUES, Déborah Francisco; RODRIGUES, Gisela Gonzaga; LEAL, José Eugenio; PIZZOLATO, Nélío Domingues. **Logística reversa – conceitos e componentes do sistema.** Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba – PR, 2002.
- SNIGDHA; HILOIDHARI, Moonmoon; BANDYOPADHYAY, Somnath. **Environmental footprints of disposable and reusable personal protective equipment – a product life cycle approach for body coveralls.** Journal of Cleaner Production, v. 202, p. 1-10, 2023. Disponível em 10.1016/j.jclepro.2023.136166. Acesso em 10 jun. 2025.