

MANUFATURA ENXUTA E ECONOMIA CIRCULAR: INTERFACES ENTRE AS AGENDAS DE PESQUISA

1 INTRODUÇÃO

Questões relacionadas ao aquecimento global e os altos níveis de poluição tem feito governos e clientes pressionarem as organizações para adotar medidas sustentáveis (Kumar et al., 2020) fazendo crescer a importância de tópicos relacionados a sustentabilidade nas empresas (Varela et al., 2019).

Dentre as diversas práticas que podem ser adotadas para melhorar o desempenho das organizações tornando-as mais sustentáveis, estão a implantação de conceitos de manufatura enxuta e economia circular (Yadav et al., 2020).

Muitas organizações já estão adotando a manufatura enxuta (ME) para reduzir o desperdício e o impacto ambiental, enquanto aumentam a eficiência e a melhoria de qualidade, reduzindo o tempo de ciclo e eliminando atividades sem valor agregado (da Silva et al., 2021). Paralelamente, a Economia Circular (EC) tem chamado a atenção de pesquisadores e de profissionais devido a sua abordagem de alinhamento entre desenvolvimento ambiental e o crescimento econômico (Korhonen et al., 2018).

Para Nadeem et al. (2019) a ideia de criar uma estrutura que facilite a implementação dos princípios da sustentabilidade promovidos pela economia circular com o auxílio de outros conceitos é muito importante. Por exemplo, Kurdve e Bellgran (2021) entendem que integrar a economia circular com o conceito de manufatura enxuta seria algo viável para o gerenciamento do chão de fábrica, o que poderia provocar a adoção de uma nova estrutura de design que diminui o tempo de resposta da organização para o mercado, além de auxiliar a empresa a obter vantagem competitiva (Lu Xinyu e Jian, 2009).

Adicionalmente, em pesquisas realizadas no banco de dados Scopus e Web of Science com as palavras-chave “lean manufacturing” and “circular economy” e “lean production” and “circular economy”, no título, resumo e palavras-chaves, não foram encontrados trabalhos que objetivamente, como a aqui proposto, procuraram verificar as interfaces entre a manufatura enxuta e a economia circular.

Portanto, o objetivo dessa pesquisa é explorar, na literatura atual e relevante, as possíveis interfaces entre manufatura enxuta e economia circular buscando identificar as sinergias e propor uma agenda de pesquisas futuras capaz de direcionar pesquisadores, profissionais, empresas e governos nesta relevante tarefa de tornar as organizações mais sustentáveis.

Assim, a lacuna que se deseja preencher com essa pesquisa é identificar “como” e “quais” as práticas de manufatura enxuta podem aprimorar a adoção das práticas de economia circular? Para isso, este artigo está organizado da seguinte maneira, além desta introdução: a seção 2 aborda a fundamentação conceitual sobre economia circular e a manufatura enxuta, a seção 3 está a metodologia utilizada, a seção 4 apresenta a interface e a proposta de agenda de pesquisa e a seção 5 as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL

2.1 Manufatura Enxuta

A manufatura enxuta visa a eliminação de desperdícios e de processos que não agregam valor ao produto ou ao consumidor final através da redução de custos e melhoramento da eficiência, flexibilidade e o valor percebido pelos clientes (Kainuma e

Tawara, 2006; DICKSON et al., 2009), além de melhorias na produtividade e qualidade dos produtos (Pagliosa et al., 2019).

A manufatura enxuta também tem um papel importante na segurança do trabalhador e na satisfação do cliente (Yadav et al., 2020, Kumar et al., 2020) abrangendo aspectos econômicos, sociais e ambientais (Sajan et al., 2017). Portanto, as práticas de manufatura enxuta favorecem o desempenho positivo do chamado tripé da sustentabilidade (ambiental, social e econômico) (Ghobadian et al. (2020).

Basicamente, a manufatura enxuta consiste na implementação de várias práticas nos processos produtivos das empresas. Dentre essas práticas, destacam-se na literatura especializada as apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Práticas de Manufatura Enxuta

Prática	Breve resumo
Melhoria contínua	Método que tem como objetivo tornar os resultados da organização cada vez mais eficientes e eficazes através da busca do aperfeiçoamento incremental em qualidade, custo, entrega e projeto (Bessant et al., 1997; Chen et al., 2020).
Just in Time	Visa determinar a hora exata que tudo deve ser produzido, transportado ou comprado. Sua aplicação reduz estoques e os custos decorrentes (Kannan e Tan, 2005; Yang e Ge, 2021).
Kanban	Consiste em um cartão de sinalização que controla os fluxos de produção ou transportes em uma indústria. cria um fluxo puxado (Senapathi e Drury-Grogan, 2021).
Desenvolvimento e a colaboração de fornecedores	São as atividades que visam o desenvolvimento do relacionamento com o fornecedor a fim de obter sua colaboração (Subramaniam et al., 2019).
5S	Trata-se de uma gestão visual a qual objetifica a redução a ordem e a eficiência no ambiente produtivo e administrativo (Morales-Plaza et al., 2020).
Manutenção produtiva total	Empenha-se no aprimoramento da confiabilidade e a capacidade das máquinas através de ações periódicas de manutenção (Mohan et al., 2021).
Redução de lote/redução de estoque	Propõe-se a formação de lotes menores de produção, reduzindo assim o estoque e aumentando a variedade, essencial para redução de custos (De Faria et al., 2012).
Funcionário multifuncional/envolvimento no processo	O seu âmagio é o desenvolvimento das habilidades dos funcionários, estimulando sua autonomia para que assim sejam evitadas falhas ao longo do processo (Huang et al., 2011).
Círculos de melhoria kaizen	São discussões sistemáticas entre operadores e gestores para que seja estimulada a melhoria incremental contínua. Promove a melhoria em todos os aspectos incluindo o processo de entrega do serviço/produto, eficácia e eficiência e a redução dos custos operacionais. (Berger, 1997; Alosani, 2020).

Fonte: Elaborado pelos autores

Para Agyabeng-Mensah et al. (2020) essas práticas auxiliam as organizações a alcançar a gestão ambiental e a obterem vantagens competitivas no mercado (Halid et al., 2015), pois elas estimulam o compromisso organizacional promovendo o sucesso do desenvolvimento sustentável (Benkarim e Imbeau, 2021). Logo, se a manufatura enxuta é importante para a gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável, ela pode favorecer a implementação de práticas de economia circular nas organizações (Ciliberto et al., 2021).

2.2 Economia circular

Com o agravamento das questões ambientais, sociais e a escassez de recursos naturais é importante pensar no desperdício e em como enfrentar esse desafio (Lu Xinyu e Jian, 2009).

Em uma economia circular o “desperdício” é considerado um “alimento” pois pode ser utilizado como matéria prima em outros processos produtivos (Yang et al., 2019).

Assim, a economia circular objetiva tornar o tradicional sistema linear - extrair, processar e descartar - um sistema circular em que, desde o processo de design do produto, se é pensado em formas de reutilizar/reciclar os materiais/produtos até o fim de sua vida útil (Yang et al., 2019) evitando que sejam desperdiçados (Kurdve e Bellgran, 2021).

A implementação da EC possui vários benefícios: oportuniza uma comunidade mais sustentável (De Jesus et al., 2019) e resiliente (Wuyts et al., 2020), propicia um melhor desempenho econômico e ambiental (Wrinkler, 2011), redução no uso de matérias-primas (Fraccascia et al., 2017) e a minimização de resíduos (Chileshe et al., 2016), além de instituir-se como um instrumento capaz de proporcionar avanços em prol de atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS's) (Schroder et al., 2019).

A EC pode ser conceituada como um conjunto de processos de redução do material utilizado na produção e consumo, promovendo a resiliência do material, fechando laços e trocando ofertas de sustentabilidade de forma a maximizar o sistema ecológico” (Awan, Kanwal e Bhutta, 2020, p. 30). Para Alhawari et al. (2021) a EC é um conjunto de práticas que visa manter os produtos em uso pelo maior tempo possível, mesmo após o fim de suas vidas úteis. O Quadro 2 traz um resumo das principais práticas de EC encontradas na literatura.

Quadro 2 - Práticas de Economia Circular

Práticas de EC	Breve resumo	Autor
Simbiose industrial	Rede de permuta de recursos entre empresas, em que a saída de resíduos de uma empresa constitui uma entrada de recurso para outra, aproveitar o máximo a utilização de subprodutos, enquanto trata de forma eficaz ou reduz os produtos residuais (Zhu et al., 2007)	(Tolstykh et al., 2020); (Chen et al., 2020); (Zhu et al., 2007)
Redesenhar	Os produtos são projetados para fácil desmontagem, enquanto tornam os componentes adequados para reutilização e remanufatura (Ramakrishna et al., 2020)	(Chen et al., 2020); (Yadav et al., 2020); (Ramakrishna et al., 2020)
Reduzir	No contexto da EC, reduzir exprime a redução da quantidade e da periculosidade dos resíduos, além de minimizar a entrada de energia primária, matérias primas e resíduos através da ecoeficiência e melhoria de processos de consumo (Su et al., 2013).	(Chen et al., 2020); (Lee, 2020); (Yadav et al., 2020); (Abbasi e Kamal, 2020); (Rodriguez-Anton et al., 2019); (Mohan et al., 2019); (Schroeder et al., 2019); (Jabbour et al., 2019)
Recuperar	A recuperação de recursos pode alcançar esse feito, criando fluxos de receita adicionais por meio da recuperação de recursos valiosos que, de outra forma, precisariam ser tratados como resíduos (Udugama et al., 2020).	(Chen et al., 2020); (Udugama et al., 2020); (Yadav et al., 2020); (Ramakrishna et al., 2020).
Reciclar	Consiste no processo de conversão de desperdício (resíduos) em materiais, produtos ou substâncias para seu uso original ou para outros fins que possuem utilidade para a sociedade (EU, 2008).	(Chen et al., 2020); (Priyadarshini e Abhilash, 2020); (Šebestová e Sroka, 2020); (Udugama et al., 2020); (Yadav et al., 2020)
Reutilizar	Resume-se em usar o mesmo produto mais de uma vez, independentemente de ser na mesma função ou não (EU, 2008).	(Chen et al., 2020); (Šebestová e Sroka, 2020); (Pohlmann et al., 2020); (Yadav et al., 2020)
Desperdício de energia	Engloba toda energia que é inutilizada e dispersada no ambiente ao invés de ser utilizada na manufatura de novos produtos e/ou serviços (Khan and Kabir, 2020).	(Belaud et al., 2019); (Khan e Kabir, 2020).
	Visa estimular a decomposição de materiais	(Priyadarshini e Abhilash,

Compostagem	orgânicos por organismos heterótrofos aeróbios, tendo como objetivo a obtenção de um material rico em substâncias húmicas e nutrientes minerais formando assim um solo nutritivo (Lim et al., 2016).	2020); (Rodriguez-Anton et al., 2019); (Schroeder et al., 2019); (Fassio e Tecco, 2019)
Reparar	A abordagem mais lógica para fechar o ciclo no uso do produto é simplesmente consertar e estender a vida útil do produto. Reparar é simplesmente a correção de falhas especificadas em um produto (King et al., 2003)	(Šebestová e Sroka, 2020); (Abbasi e Kamal, 2020); (Mohan et al., 2019); (Schroeder et al., 2019); (Mestre e Cooper, 2017)
Reciclagem de nutrientes	Esforço global está sendo necessário para traçar uma nova perspectiva onde a melhoria da eficiência do uso de nutrientes e, ao mesmo tempo, a redução das perdas de nutrientes forneçam os alicerces para uma economia mais circular, para produzir insumos mais necessários, como alimentos ou energia ao mesmo tempo em que diminui o impacto ambiental (Hidalgo et al., 2021).	(Pohlmann et al., 2020); (Fassio e Tecco, 2019)
Modelos circulares de negócios	Adotar um planejamento estratégico voltado para integrar o desenvolvimento sustentável ao ambiente de manufatura, por meio do desenho de um novo Modelo Circular de Negócios (Abbasi e Kamal, 2020)	(D'Amato et al., 2020a); (Gravagnuolo et al., 2019).
Economia do compartilhamento	Engloba a produção de valores de uso comum, tendo como base uma nova forma de organização do trabalho (mais horizontais que verticais) os bens e espaços possuem ênfase no uso e não na posse, foca-se ainda na organização dos cidadãos em redes ou comunidades (Huckle et al., 2016).	(Jabbour et al., 2020)
Produto como serviço	As organizações passam a oferecer seu produto como serviço para os consumidores. Usando como exemplo uma empresa que comercializa lâmpadas, a mesma não venderia lâmpadas em si, mas o serviço de iluminação, através da venda de assinaturas do serviço (Vermunt et al., 2019)	(Jabbour et al., 2020)
Design circular	Tem o objetivo de projetar produtos para serem ressignificados, sem ocorrer perda de valor agregado, através do uso de matérias-primas que não afetem o meio ambiente ao serem extraídas, manufaturadas e descartadas (Van Loon et al., 2020).	(Jabbour et al., 2020); (Gravagnuolo et al., 2019); (Mestre e Cooper, 2017)
Digitalização	São as tecnologias digitais destacadas pela quarta revolução industrial (indústria 4.0), como internet das coisas (iot), impressão 3D, Big data e Analytics que desenvolvem a introdução de CE nas empresas (Jabbour et al., 2017)	(Yadav et al., 2020); (Dev et al., 2020).
Remanufatura	Abrange as etapas de desmontagem do produto usado, na limpeza de seus componentes, na reparação ou substituição de peças deterioradas, testes de qualidade do produto, <i>updating</i> e remontagem do produto, o qual necessita apresentar funcionamento correto, como se fosse um produto novo (Chakraborty et al., 2021)	(Yadav et al., 2020); (Abbasi e Kamal, 2020); (Dev et al., 2020); (Ramakrishna et al., 2020); (Esmaeilian et al., 2018).
Logística reversa	Responsável por definir o fluxo físico de produtos, desde o ponto de consumo até o local de origem (de volta para a indústria) (De Oliveira et al., 2021).	(Dev et al., 2020)

Energia renovável	Compreende a energia que vem de recursos naturais, os quais são naturalmente reabastecidos, como por exemplo: Sol, vento, chuva, marés e energia geotérmica (Chu e Majumdar, 2012).	(Rodriguez-Anton et al., 2019); (Mohan et al., 2019).
Resíduos em energia	Compreende a transformação dos resíduos em energia limpa, sendo considerado parte vital de uma cadeia de gestão sustentável de resíduos. (Chen et al., 2020)	(Chen et al., 2020); (Priyadarshini e Abhilash, 2020); (Udugama et al., 2020); (Gravagnuolo et al., 2019).
Upcycling	Também conhecido como reutilização criativa, consiste no uso de produtos, resíduos, e peças sem uso aparente na concepção de novos produtos, designando uma função diferente da qual o produto ou partes dele foram inicialmente projetados (Contreras-Lisperguer et al, 2021)	(Fassio e Tecco, 2019)
Prevenção de resíduos	Objetiva diminuir a quantidade de resíduos que sobram de processos derivados das atividades humanas (Lieder e Rashid, 2016).	(Muñoz-Torres et al., 2018); (Esmaeilian et al., 2018).

Fonte: Elaborado pelos autores

Baseados na literatura especializada sobre ME referenciado na subseção 2.1 e de EC referenciada nesta subseção (2.2) é possível identificar interfaces dentre essas duas relevantes teorias, principalmente quando colocamos foco em suas práticas/ferramentas e os objetivos por elas almejados. Tal consideração também já foi ressaltada por Nadeem et al. (2019) ao afirmar que a adoção do modelo de EC é promissor, mas de difícil aplicação, principalmente em organizações menores e uma das formas de descomplicar sua implementação seria o uso de ferramentas da ME.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é conceitual e visa uma melhor identificação da relação entre ME e EC. Esse tipo de estudo, que integra conceitos e teorias, são fundamentais para estabelecer relações entre áreas que ainda não conversam entre si (Sarkis, 2012).

O processo de levantamento e revisão de literatura adotado considerou apenas a artigos em inglês, sem utilização de filtros especiais e abrangeu todo o intervalo de tempo disponível para a pesquisa nas bases de dados Scopus e Web of Science. Essas bases de dados foram utilizadas por serem as duas maiores bases de consulta de artigos do mundo (Bartol et al., 2014).

Operacionalmente, no dia 27/07/2021, foram digitadas as seguintes palavras-chave: "lean manufacturing" and "circular economy", e "lean production" and "circular economy" nos sistemas de buscas das bases de dados envolvendo o título, resumo e as palavras-chaves. No total foram encontrados 36 trabalhos que foram analisados conjuntamente por todos os autores deste artigo e cujos resultados estão descritos na seção 4.

Até a presente data existe um ou outro artigo, por exemplo, Nadeem et al. (2019), que fizeram uma integração mais indireta entre os temas, mas não há estudos que explorem de maneira clara e objetiva a interface entre ME e EC como a proposta neste trabalho, o que caracteriza a originalidade desta pesquisa.

4 INTERFACES ENTRE MANUFATURA ENXUTA E ECONOMIA CIRCULAR E PROPOSTA DE AGENDA DE PESQUISA.

Pelo exposto até aqui é possível observar que o objetivo da EC é a maximização no uso de materiais, energia e resíduos de uma produção, para isso, a EC relaciona a oferta e a demanda das indústrias que formam uma cadeia de suprimentos para aprimorar a eficiência dos recursos (Manavalan e Jayakrishnan, 2019) e a ME a eliminação de desperdícios e de processos que não agregam valor ao produto ou ao consumidor final (Kainuma e Tawara, 2006, Dickson et al., 2009).

Assim, a economia circular aponta possíveis respostas para os problemas globais de escassez de recursos e a ME tem êxito na eliminação de desperdícios e na criação de valor, objetivos centrais da economia circular (MOSTAFA et al., 2013), no entanto, ao analisar a literatura relevante das duas áreas é possível verificar uma lacuna considerável no que tange a falta de trabalhos que procuram unificar as agendas de pesquisa, principalmente, através da união de suas práticas. Sendo assim, o Quadro 3 tem essa importante missão: apresentar como as práticas de ME podem contribuir para a adoção de práticas de EC e propor uma agenda de pesquisa capaz de nortear pesquisadores contribuindo, assim, para o avanço das práticas de EC nas organizações.

Quadro 3 – Práticas de EC, práticas de ME e sugestão de pesquisas futuras

Práticas de Economia circular	Como as práticas de ME podem contribuir para EC?	Sugestões para uma agenda de pesquisa fornecendo insights sobre como a ME pode apoiar a EC
Simbiose industrial	A simbiose industrial pode ser alcançada através dos esforços de ME no relacionamento com fornecedores (desse modo as organizações podem aproveitar ao máximo a utilização de subprodutos de toda a cadeia produtiva).	Como o ME pode contribuir para que a simbiose aconteça?
Redesenhar	A cooperação e o envolvimento de fornecedores na cadeia de suprimentos estimulam as práticas de CE contribuindo, por exemplo, com o redesenho de produtos tornando-os mais sustentáveis (Yang et al. (2019). A melhoria contínua em design de produtos é de extrema importância para a extensão da vida útil dos produtos facilitando a atualização, adaptabilidade, reconfiguração e manutenção (Romero e Rossi, 2017).	Como envolver as partes interessadas para redesenhar projetos com pensamento na EC? Quais práticas de colaboração com o fornecedor tem impulsionado projetos mais sustentáveis? Quais práticas de melhoria contínua estão sendo utilizadas no design de produtos que estão favorecendo a adoção de práticas de EC?
Reduzir	A adoção do just-in-time proporciona vantagens de economia de tempo e custo (Dennis, 2017). Uma melhor utilização de materiais ou produtos (fazer mais com menos) pode ser um fator chave para a EC (Bashkite e Karaulova, 2012) principalmente por contribuir com a redução do uso de produtos, energia e materiais. Os cartões Kanban são usados para produzir apenas o necessário e no momento em que são necessários (Chen et al., 2019) favorecendo a redução de materiais e produtos.	Como o just-in-time e o Kanban contribuem para a adoção da EC?
Recuperar	A técnica 5S “Seiri” envolve classificar o conteúdo do local de trabalho e remover itens desnecessários. Essa técnica tem como objetivo identificar e eliminar todos os itens desnecessários do local de trabalho (Euskalit, 2006), isso	Quais são as práticas de 5S que mais contribuem para a recuperação de materiais?

	poderia facilitar a recuperação e compartilhamento de itens inutilizados em outro ambiente ou empresa.	
Reciclar	O planejamento e controle de fabricação na ME proporcionam redução e reutilização de materiais e componentes utilizados ao longo das operações de manufatura (Rothenberg et al., 2001) podendo auxiliar no combate as barreiras da reciclagem no contexto da EC.	Como as práticas de planejamento e controle podem facilitar e aprimorar uma maior reciclagem? Quais práticas de planejamento e controle de fabricação podem favorecer a EC?
Desperdício de energia	Práticas kaizen buscam a eficiência no uso de materiais e de energia, prevenção de poluição e a segurança no trabalho (evitar choques elétricos, vazamentos, incêndios e derramamentos (Chen et al., 2019) contribuindo para a redução de desperdícios.	Quais são as práticas kaizen adotadas nas organizações que favorecem uma melhor eficiência no uso dos recursos, energia, prevenção de poluição e segurança no trabalho?
Compostagem	Técnicas utilizadas para incentivar a decomposição de materiais orgânicos por organismos heterótrofos aeróbios, tendo como objetivo a obtenção de um material estável, rico em nutrientes e minerais (Ansari et al., 2021) capaz de ser reutilizado em outras atividades.	Como o ME pode apoiar a implantação de técnicas de compostagem?
Reparar	O 5S pode facilitar a organização e localização de materiais, insumos produtivos e ferramentas obsoletos contribuindo para a reutilização ou reparabilidade.	Como as organizações podem utilizar a técnica 5S para contribuir com a reparabilidade de materiais?
Reciclagem de nutrientes	Há uma expectativa de que o aumento da população e consequente consumo possa agravar a perda de nutrientes resultando em maior poluição e degradação do solo. É necessário, principalmente em países desenvolvidos, a substituição de nutrientes minerais (usados como fertilizantes sintéticos) por nutrientes derivados de resíduos de base biológica (Hidalgo et al., 2021), sendo que processos de melhoria contínua de ME podem contribuir para essa prática.	Como implantar ciclos de melhoria contínua capazes de apoiar a reciclagem de nutrientes?
Modelos circulares de negócios	A ME contribui para a transição do modelo de negócios tradicional em direção a sistemas circulares de serviço de produto em termos de eliminação de desperdício e melhoria da eficiência do material (Romero e Rossi, 2017). Além disso, o envolvimento das partes (internas e externas a organização) são críticas para a adoção bem-sucedida de práticas de negócios sustentáveis em PMEs (Caldera et al., 2019).	Como as práticas de ME podem favorecer a adoção de modelos circulares de negócios?
Economia do compartilhamento	A implantação do 5S, que compreende um processo de separação, arrumação, limpeza, ordenação e disciplina (Euskalit, 2006), pode contribuir com o compartilhamento de itens inutilizados ou com pouco uso, em outro ambiente ou empresa. Reduzir os resíduos e prover ganhos de eficiência são abordagens de manufatura enxuta e economia circular (Gaustad et al., 2018)	Quais práticas de ME podem favorecer o fortalecimento do trabalho em equipe e a criação de parcerias com clientes e fornecedores para aumentar o engajamento em prol da economia do compartilhamento?
Produto como serviço	Uma robusta cultura organizacional que considera a sustentabilidade fortalece a integração interna da empresa e estimula os funcionários a se envolverem nas práticas de CE (Yang et al., 2019), podendo alterar a forma de criação de valor para o cliente.	Quais práticas de ME podem fortalecer uma cultura organizacional para estimular e desenvolver a EC nas empresas?
Design circular	O design circular visa ressignificar produtos sem perda de valor agregado (Van Loon et al., 2020). A ME pode contribuir através da identificação de valor do ponto de vista do cliente, desenvolvendo produtos com design assertivo. Além disso, a ME pode auxiliar o design circular através do fluxo contínuo (dessa forma, é possível identificar onde há pontos de desperdício).	Quais e como as práticas de ME podem favorecer o design circular de produtos?

Digitalizaçã o	A digitalização dos processos de manufatura também pode oferecer oportunidades de economia e combate ao desperdício (Gabriel e Pessl, 2016).	Como as práticas de ME podem contribuir para alavancar as parcerias (internas e externas) e a digitalização de processos nas organizações? Qual o papel da alta e média gestão neste processo de digitalização?
Remanufatu ra	Os princípios enxutos permitem as organizações de negócios superarem problemas de remanufatura, como tempos de processamento longos e instáveis e flutuações de custos (Kurilova-Palisaitiene et al., 2018) viabilizando a sua adoção.	Quais princípios da ME podem facilitar a adoção da remanufatura?
Logística reversa	A ME tem em sua essência a eliminação de desperdícios e de processos que não agregam valor ao produto ou ao consumidor através da redução de custos e aumento da eficiência, flexibilidade e o valor percebido pelos clientes (Kainuma e Tawara, 2006; DICKSON et al., 2009).	Como a ME pode contribuir para uma colaboração mais ampla entre departamentos / áreas e entre empresas ao longo de uma cadeia de suprimentos visando a utilização de materiais reutilizáveis e recicláveis?
Energia renovável	A melhoria contínua favorece a redução de resíduos, materiais e a otimização de processos (Romero e Rossi, 2017) o que pode contribuir para a redução do uso de energia e impulsionar a adoção de energias renováveis.	Como a melhoria contínua pode re-planejar processos com o objetivo de contribuir para a adoção de energias renováveis?
Resíduos em energia	Os princípios enxutos permitem que as organizações transformem o desperdício em valor, melhorando o fluxo do processo e reduzindo os prazos de entrega (Kurilova-Palisaitiene et al., 2018), o que pode contribuir com a transformação de resíduos em energia.	Como os princípios da ME podem facilitar a transformação de resíduos em energia?
Upcycling	A prática de 5S pode contribuir com um melhor uso e aproveitamento de materiais e equipamentos. O que não serve para um setor pode ser usado em outros e às vezes adaptado para outro uso, isso pode contribuir com a prática de Upcycling.	Como o 5S pode contribuir com a reutilização criativa? Como incentivar as partes interessadas na busca por reutilizar de forma criativa os materiais?
Prevenção de resíduos	Conhecendo-se o fluxo de valor que um produto ou serviço percorre desde sua fase inicial indo até o cliente final contribui para a proteção do meio ambiente podendo prevenir o uso de resíduos devido ao mapeamento de matérias-primas, energia e uso de água (Klambe et al., 2020).	Como efetuar um sistema robusto de mapeamento de fluxo de valor voltado para a prevenção de resíduos?

Fonte: Elaborado pelos autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste trabalho foi explorar a interface entre duas importantes agendas de pesquisa: manufatura enxuta e economia circular, estabelecendo uma agenda de pesquisa para direcionar pesquisas futuras.

Analisando as práticas de ambas as temáticas é notável que, embora a EC tenha mais práticas definidas, elas parecem ser, às vezes, subdivisões de práticas encontradas na literatura de ME, assim, por ser um campo de pesquisa maduro e bem definido, é possível afirmar que estudos sobre ME podem contribuir substancialmente na aplicação de práticas de EC, pois facilitariam a implementação da economia circular.

Assim, este trabalho contribui com o estado da arte do tema de diversas áreas/campos de estudo: Administração, Engenharia de Produção, Manufatura Enxuta, Economia Circular, Sustentabilidade e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS's). Mais especificamente

contribui com a academia por apresentar uma interface quase não explorada pela literatura integrando duas importantes agendas de pesquisa EC e ME por meio de uma estrutura de “quais” e “como” práticas de ME contribuem para alavancar a EC, propondo uma agenda de estudos vindouros.

Este trabalho também possui implicações práticas para empresas e profissionais de diversos tipos de organizações e setores ao apresentar uma proposta que integra de forma clara e objetiva práticas de ME e de EC com o objetivo de facilitar a implementação de práticas de economia circular e melhorar a sustentabilidade organizacional.

Por fim, este trabalho traz implicações para o ensino de Administração, de Engenharia de Produção e de gestão, de modo geral, pois a ME é um tópico central em cursos/disciplinas sobre sustentabilidade organizacional, podendo apoiar acadêmicos e alunos a compreender melhor as práticas que contribuem para a implementação da EC um tema emergente e na vanguarda do conhecimento.

Apesar de todos os cuidados e metodologias adotadas para elaborar essa pesquisa ela apresenta algumas limitações relacionadas a pesquisas de cunho conceitual, ou seja, é preciso que estudiosos das áreas de ME e EC avancem, a partir da agenda de pesquisa proposta, realizando estudos empíricos (quantitativos, qualitativos ou com metodologias mistas) para entender “quais”, “como” e “por que” práticas de ME podem facilitar a implementação de práticas de EC nas organizações consolidando conhecimentos de vital importância para o avanço da EC.

REFERÊNCIAS

Alosani, M. S. (2020). Case example of the use of Six Sigma and Kaizen projects in policing services. *Teaching Public Administration*, 38(3), 333-345.

Agyabeng-Mensah, Y., Ahenkorah, E., Afum, E., & Owusu, D. (2020). The influence of lean management and environmental practices on relative competitive quality advantage and performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*.

Alhawari, O., Awan, U., Bhutta, M. K. S., & Ülkü, M. A. (2021). Insights from circular economy literature: A review of extant definitions and unravelling paths to future research. *Sustainability*, 13(2), 859

Awan, U., Kanwal, N., & Bhutta, M. K. S. (2020). A literature analysis of definitions for a circular economy. *Logistics Operations and Management for Recycling and Reuse*, 19-34.

Bashkite, V., & Karaulova, T. (2012). Integration of Green thinking into Lean fundamentals by Theory of Inventive Problems-Solving tools. *DAAAM International, Vienna, Austria, EU*, 345-350.

Bartol, T., Budimir, G., Dekleva-Smrekar, D., Pusnik, M., & Juznic, P. (2014). Assessment of research fields in Scopus and Web of Science in the view of national research evaluation in Slovenia. *Scientometrics*, 98(2), 1491-1504.

Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated manufacturing systems*.

- Benkarim, A., & Imbeau, D. (2021). Organizational Commitment and Lean Sustainability: Literature Review and Directions for Future Research. *Sustainability*, 13(6), 3357.
- Ciliberto, C., Szopik-Depczyńska, K., Tarczyńska-Łuniewska, M., Ruggieri, A., & Ioppolo, G. (2021). Enabling the Circular Economy transition: a sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0. *Business Strategy and the Environment*.
- Huang, X., Rode, J. C., & Schroeder, R. G. (2011). Organizational structure and continuous improvement and learning: Moderating effects of cultural endorsement of participative leadership. *Journal of International Business Studies*, 42(9), 1103-1120.
- de Faria, A. C., Vieira, V. S., & Peretti, L. C. (2012). Redução de custos sob a ótica da manufatura enxuta em empresa de autopeças. *Revista Gestão Industrial*, 8(2).
- de Jesus, A., Antunes, P., Santos, R., & Mendonça, S. (2019). Eco-innovation pathways to a circular economy: Envisioning priorities through a Delphi approach. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1494-1513.
- Dennis, P. (2017). *Lean Production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system*. Crc press.
- da Silva, A. F., Marins, F. A. S., Dias, E. X., & Ushizima, C. A. (2021). Improving manufacturing cycle efficiency through new multiple criteria data envelopment analysis models: an application in green and lean manufacturing processes. *Production Planning & Control*, 32(2), 104-120.
- Mohan, T. R., Roselyn, J. P., Uthra, R. A., Devaraj, D., & Umachandran, K. (2021). Intelligent machine learning based total productive maintenance approach for achieving zero downtime in industrial machinery. *Computers & Industrial Engineering*, 157, 107267.
- Morales-Plaza, A., Vicuña-Izquierdo, R., Pérez-Paredes, M., Raymundo-Ibañez, C., & Moguerza, J. M. (2020, February). Waste Management Model Based on Reverse Logistics and 5S for the Generation of Biomass in the Fresh Fruit Industry. In *2020 9th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)* (pp. 11-15). IEEE.
- Subramaniam, P. L., Iranmanesh, M., Kumar, K. M., & Foroughi, B. (2019). The impact of multinational corporations' socially responsible supplier development practices on their corporate reputation and financial performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*.
- Senapathi, M., & Drury-Grogan, M. L. (2021). Systems thinking approach to implementing kanban: A case study. *Journal of Software: Evolution and Process*, 33(4), e2322.
- Yang, Z., & Ge, Z. (2021). Rethinking the Value of Just-In-Time Learning in the Era of Industrial Big Data. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*.
- Kannan, V. R., & Tan, K. C. (2005). Just in time, total quality management, and supply chain management: understanding their linkages and impact on business performance. *Omega*, 33(2), 153-162.

Chen, W. K., Nalluri, V., Hung, H. C., Chang, M. C., & Lin, C. T. (2021). Apply DEMATEL to Analyzing Key Barriers to Implementing the Circular Economy: An Application for the Textile Sector. *Applied Sciences*, 11(8), 3335.

Bessant, J., & Caffyn, S. (1997). High-involvement innovation through continuous improvement. *International Journal of Technology Management*, 14(1), 7-28.

Ansari, M., Zafar, U., Ejaz, U., Sohail, M., Pirzada, A., & Aman, A. (2021). Comparison of composting of chemically pretreated and fermented sugarcane bagasse for zero-waste biorefinery. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(3), 911-921.

Abbasi, A., & Kamal, M. M. (2019, December). Adopting Industry 4.0 Technologies in Citizens' Electronic-Engagement Considering Sustainability Development. In *European, Mediterranean, and Middle Eastern Conference on Information Systems* (pp. 304-313). Springer, Cham.

Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of cleaner production*, 42, 215-227.

Belaud, J. P., Prioux, N., Vialle, C., & Sablayrolles, C. (2019). Big data for agri-food 4.0: Application to sustainability management for by-products supply chain. *Computers in Industry*, 111, 41-50.

Caldera, H. T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2019). Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in 'lean'SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 218, 575-590.

Chakraborty, K., Mukherjee, K., Mondal, S., & Mitra, S. (2021). A systematic literature review and bibliometric analysis based on pricing related decisions in remanufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 127265.

Jabbour, C. J. C., Fiorini, P. D. C., Wong, C. W., Jugend, D., Jabbour, A. B. L. D. S., Seles, B. M. R. P., ... & da Silva, H. M. R. (2020). First-mover firms in the transition towards the sharing economy in metallic natural resource-intensive industries: Implications for the circular economy and emerging industry 4.0 technologies. *Resources policy*, 66, 101596.

Chen, P. K., Fortuny-Santos, J., Lujan, I., & Ruiz-de-Arbulo-López, P. (2019). Sustainable manufacturing: Exploring antecedents and influence of Total Productive Maintenance and lean manufacturing. *Advances in mechanical engineering*, 11(11), 1687814019889736.

Chileshe, N., Rameezdeen, R., Hosseini, M. R., Lehmann, S., & Udeaja, C. (2016). Analysis of reverse logistics implementation practices by South Australian construction organisations. *International Journal of Operations & Production Management*.

Chu, S., & Majumdar, A. (2012). Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *nature*, 488(7411), 294-303.

Contreras-Lisperguer, R., Muñoz-Cerón, E., Aguilera, J., & de la Casa, J. (2021). A set of principles for applying Circular Economy to the PV industry: Modeling a closed-loop

material cycle system for crystalline photovoltaic panels. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 164-179.

D'amato, D., Gaio, M., & Semenzin, E. (2020). A review of LCA assessments of forest-based bioeconomy products and processes under an ecosystem services perspective. *Science of the Total Environment*, 706, 135859.

Romero, D., & Rossi, M. (2017). Towards circular lean product-service systems. *Procedia CIRP*, 64, 13-18.

De Oliveira, U. R., Neto, L. A., Abreu, P. A. F., & Fernandes, V. A. (2021). Risk management applied to the reverse logistics of solid waste. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126517.

Dev, N. K., Shankar, R., & Qaiser, F. H. (2020). Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104583.

Dickson, E. W., Singh, S., Cheung, D. S., Wyatt, C. C., & Nugent, A. S. (2009). Application of lean manufacturing techniques in the emergency department. *The Journal of emergency medicine*, 37(2), 177-182.

EU. (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain directives. *Official Journal of the European Union*, 51(L 312), 3-30.

EUSKALIT. Manual EUSKALIT de la Metodología 5S; EUSKALIT- Fundación Vasca para la Calidad: Zamudio, Spain, 2006; ISBN 84-932105-9-5

Esmaeilian, B., Wang, B., Lewis, K., Duarte, F., Ratti, C., & Behdad, S. (2018). The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper. *Waste management*, 81, 177-195.

Fassio, F., & Tecco, N. (2019). Circular economy for food: A systemic interpretation of 40 case histories in the food system in their relationships with SDGs. *Systems*, 7(3), 43.

Fraccascia, L., Albino, V., & Garavelli, C. A. (2017). Technical efficiency measures of industrial symbiosis networks using enterprise input-output analysis. *International Journal of Production Economics*, 183, 273-286.

Gabriel, M., & Pessl, E. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 14(2), 131.

Gaustad, G., Krystofik, M., Bustamante, M., & Badami, K. (2018). Circular economy strategies for mitigating critical material supply issues. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 24-33.

Ghobadian, A., Talavera, I., Bhattacharya, A., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., & O'regan, N. (2020). Examining legitimatisation of additive manufacturing in the interplay between

innovation, lean manufacturing and sustainability. *International Journal of Production Economics*, 219, 457-468.

Gravagnuolo, A., Angrisano, M., & Fusco Girard, L. (2019). Circular economy strategies in eight historic port cities: Criteria and indicators towards a circular city assessment framework. *Sustainability*, 11(13), 3512.

Halid, O. Y. (2015). The Cobb-Douglas production of the Nigerian economy (1974-2009). *Int. J. Stat. Appl*, 5(2), 77-80.

Hidalgo, D., Corona, F., & Martín-Marroquín, J. M. (2021). Nutrient recycling: from waste to crop. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 11(2), 207-217.

Huckle, S., Bhattacharya, R., White, M., & Beloff, N. (2016). Internet of things, blockchain and shared economy applications. *Procedia computer science*, 98, 461-466.

Kainuma, Y., & Tawara, N. (2006). A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 101(1), 99-108.

King, A. M., Burgess, S. C., Ijomah, W., & McMahon, C. A. (2006). Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?. *Sustainable development*, 14(4), 257-267.

Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*, 143, 37-46.

Kumar, N., Mathiyazhagan, K., & Mathivathanan, D. (2020). Modelling the interrelationship between factors for adoption of sustainable lean manufacturing: a business case from the Indian automobile industry. *International Journal of Sustainable Engineering*, 13(2), 93-107.

Kurdve, M., & Bellgran, M. (2021). Green lean operationalisation of the circular economy concept on production shop floor level. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123223.

Kurilova-Palisaitiene, J., Sundin, E., & Poksinska, B. (2018). Remanufacturing challenges and possible lean improvements. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3225-3236.

Khan, I., & Kabir, Z. (2020). Waste-to-energy generation technologies and the developing economies: A multi-criteria analysis for sustainability assessment. *Renewable Energy*, 150, 320-333.

Lee, S. (2020). Role of social and solidarity economy in localizing the sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(1), 65-71.

Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 115, 36-51.

Lim, S. L., Lee, L. H., & Wu, T. Y. (2016). Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview,

greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, 111, 262-278.

Mestre, A., & Cooper, T. (2017). Circular product design. A multiple loops life cycle design approach for the circular economy. *The Design Journal*, 20(sup1), S1620-S1635.

Muñoz-Torres, M. J., Fernández-Izquierdo, M. Á., Rivera-Lirio, J. M., Ferrero-Ferrero, I., Escrig-Olmedo, E., Gisbert-Navarro, J. V., & Marullo, M. C. (2018). An assessment tool to integrate sustainability principles into the global supply chain. *Sustainability*, 10(2), 535.

Nadeem, S.P., Garza-Reyes, J.A., Kumar, V., and Anosike, A.I. (2019), 'Coalescing the Lean and Circular Economy', Proceedings of the 9th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), Bangkok, Thailand, March 5-7. Michigan: IEOM Society, pp. 1-12.

Pagliosa, M., Tortorella, G., & Ferreira, J. C. E. (2019). Industry 4.0 and Lean Manufacturing: A systematic literature review and future research directions. *Journal of Manufacturing Technology Management*.

Pohlmann, C. R., Scavarda, A. J., Alves, M. B., & Korzenowski, A. L. (2020). The role of the focal company in sustainable development goals: A Brazilian food poultry supply chain case study. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118798.

Priyadarshini, P., & Abhilash, P. C. (2020). Circular economy practices within energy and waste management sectors of India: A meta-analysis. *Bioresource technology*, 304, 123018.

Ramakrishna, S., Ngowi, A., Jager, H. D., & Awuzie, B. O. (2020). Emerging industrial revolution: Symbiosis of industry 4.0 and circular economy: The role of universities. *Science, Technology and Society*, 25(3), 505-525.

Rodriguez-Anton, J. M., Rubio-Andrada, L., Celemín-Pedroche, M. S., & Alonso-Almeida, M. D. M. (2019). Analysis of the relations between circular economy and sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(8), 708-720.

Rothenberg, S., Pil, F. K., & Maxwell, J. (2001). Lean, green, and the quest for superior environmental performance. *Production and operations management*, 10(3), 228-243.

Sajan, M. P., Shalij, P. R., & Ramesh, A. (2017). Lean manufacturing practices in Indian manufacturing SMEs and their effect on sustainability performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*.

Šebestová, J., & Sroka, W. (2020). Sustainable development goals and SMEs decisions: Czech Republic vs. Poland. *Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)*, 7(1), 39-50.

Sarkis, J. (2012). A boundaries and flows perspective of green supply chain management. *Supply chain management: an international journal*.

- Schroeder, P., Anggraeni, K., & Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77-95.
- Tolstykh, T., Shmeleva, N., & Gamidullaeva, L. (2020). Evaluation of circular and integration potentials of innovation ecosystems for industrial sustainability. *Sustainability*, 12(11), 4574.
- Udugama, I. A., Petersen, L. A., Falco, F. C., Junicke, H., Mitic, A., Alsina, X. F., ... & Gernaey, K. V. (2020). Resource recovery from waste streams in a water-energy-food nexus perspective: Toward more sustainable food processing. *Food and Bioproducts Processing*, 119, 133-147.
- Van Loon, P., Diener, D., & Harris, S. (2020). Circular products and business models and environmental impact reductions: Current knowledge and knowledge gaps. *Journal of Cleaner Production*, 125627.
- Varela, L., Araújo, A., Ávila, P., Castro, H., & Putnik, G. (2019). Evaluation of the relation between lean manufacturing, Industry 4.0, and sustainability. *Sustainability*, 11(5), 1439.
- Mohan, S. V., Dahiya, S., Amulya, K., Katakojwala, R., & Vanitha, T. K. (2019). Can circular bioeconomy be fueled by waste biorefineries—A closer look. *Bioresource Technology Reports*, 7, 100277.
- Vermunt, D. A., Negro, S. O., Verweij, P. A., Kuppens, D. V., & Hekkert, M. P. (2019). Exploring barriers to implementing different circular business models. *Journal of Cleaner Production*, 222, 891-902.
- Xinyu, L., & Jian, L. (2009, October). Research on the integration of the methods of enterprise value stream and material flow—Based on the theory of lean production and circular economy. In *2009 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 243-247). IEEE.
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118726.
- Yang, Y., Chen, L., Jia, F., & Xu, Z. (2019). Complementarity of circular economy practices: an empirical analysis of Chinese manufacturers. *International Journal of Production Research*, 57(20), 6369-6384.
- Zhu, Q., Lowe, E. A., Wei, Y. A., & Barnes, D. (2007). Industrial symbiosis in China: a case study of the Guitang Group. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 31-42.
- Wuyts, W., Marin, J., Brusselaers, J., & Vrancken, K. (2020). Circular economy as a COVID-19 cure?. *Resources, Conservation, and Recycling*, 162, 105016.
- Winkler, H. (2011). Closed-loop production systems—A sustainable supply chain approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(3), 243-246.