

MANUFATURA ENXUTA E ECONOMIA CIRCULAR: fatores relevantes para o desenvolvimento sustentável

LEAN MANUFACTURING AND CIRCULAR ECONOMY: relevant factors for sustainable development

Eleandro Bonini Júnior – lebonini2010@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia – FATEC – Taquaritinga- São Paulo- Brasil

Diego José Casagrande – diego.casagrande@fatectq.edu.br
Faculdade de Tecnologia – FATEC – Taquaritinga- São Paulo - Brasil

DOI: 10.31510/infa.v22i1.2220
Data de submissão: 08/04/2025
Data do aceite: 26/06/2025
Data da publicação: 30/06/2025

RESUMO

O mundo tem vivenciado a necessidade de redução dos impactos ambientais. Muitos desastres ambientais marcaram a sociedade que atualmente busca se desenvolver de forma sustentável. A Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) e a Economia Circular têm como um de seus fundamentos produzir com responsabilidade e economia, reduzindo consideravelmente os desperdícios, diminuindo a geração de resíduos e poluindo menos. Tais aspectos vão de encontro do que preconiza a Agenda 30, que visa um mundo mais sustentável e com mais equidade. A partir deste cenário, o objetivo deste trabalho é evidenciar como a Manufatura Enxuta e a Economia Circular podem contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável. A metodologia utilizada para esse estudo foi de revisão narrativa de literatura, utilizando-se majoritariamente das bases de dados Google Scholar e SciELO. Os estudos analisados mostram como a Manufatura Enxuta e a Economia Circular têm contribuído para as empresas produzirem mais com menos impactos ambientais, o que torna-se relevante, especialmente, diante de anos de resultados negativos provenientes dos impactos ambientais. Visualiza-se, mediante tais abordagens, que o mundo busca atualmente preparar-se para deixar as futuras gerações um meio ambiente mais saudável e que promova qualidade de vida.

Palavras-chave: Produção. Economia. Resíduos. Mudança Cultural

ABSTRACT

The world has been experiencing the need to reduce environmental impacts. Many environmental disasters have marked a society that is currently seeking to develop sustainably. Lean Manufacturing and the Circular Economy are based on responsible and economical production, considerably reducing waste, reducing waste generation and polluting less, which is in line with the Agenda 30, which aims for a more sustainable and equitable world. The

objective of this study is to highlight how Lean Manufacturing and the Circular Economy are proposals for promoting sustainable development. The methodology used for this study was a Literature Review, where the Google Scholar and SciELO databases were consulted, as well as reliable websites that address the topic of this study. The studies analyzed show how Lean Manufacturing and the Circular Economy have helped companies produce more with less environmental impact, which becomes relevant, especially in light of years of negative results from environmental impacts. The world is currently seeking to prepare itself to leave future generations a healthier environment that can promote quality of life.

Keywords: Production. Economy. Waste. Cultural Change

1. INTRODUÇÃO

Segundo Kumar et al. (2020) questões relacionadas aos altos níveis de poluição, ao aquecimento global e outros fatores de impactos ambientais têm feito governos do mundo todo a adotar medidas mais sustentáveis. Diante da preocupação com o meio ambiente, a sociedade tem modificado sua maneira de pensar, e há tempos o mundo tem buscado formas de promover o desenvolvimento pautado no respeito à sustentabilidade. Varela et al. (2019) descreve que dentro das empresas, visto a necessidade mundial de preservação ambiental e diante de uma sociedade mais informada e consciente, assuntos relacionados à sustentabilidade têm apresentado grande relevância.

Em 2015, vários países firmaram o acordo da Agenda 30, o qual traz alternativas para tornar o mundo mais sustentável e com mais igualdade, em que todos possam ter o mesmo direito de viver em uma sociedade com mais equidade e mais qualidade. Dentro da proposta de promoção de sustentabilidade surge o conceito de Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) e Economia Circular, cujos objetivos é produzir de forma que os impactos negativos causados ao meio ambiente sejam pequenos ou mesmo ausentes. Dentro dessa realidade, essas duas metodologias podem integrar-se como forma de trazer grandes benefícios para as indústrias (Melo, 2022).

O problema que norteia a pesquisa é: como a Maufatura Enxuta e a Economia Circular podem agregar valores às empresas especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável? O objetivo deste estudo é evidenciar a Manufatura Enxuta e a Economia Circular como propostas para a promoção do desenvolvimento sustentável.

Conforme salienta Cesar (2024), a eficiência e a necessidade de produzir com sustentabilidade têm levado empresas a explorar diferentes metodologias e práticas como a Manufatura Enxuta e a Economia Circular. A busca pela sustentabilidade diante das determinações da Agenda 30 configura-se quase como uma obrigatoriedade mundial e diante

dessa perspectiva as empresas têm buscado se adequar, ganhando competitividade no mercado e contribuindo de forma eficiente para uma sociedade com mais qualidade de vida.

O artigo é composto por introdução a qual traz a delimitação do assunto. O estudo traz a seção desenvolvimento com ideias de autores que abordam aspectos do tema proposto, também é definido no trabalho a seção de metodologia que especifica os caminhos seguidos para a elaboração do estudo, a seção seguinte traz os resultados e discussão que evidenciam e respondem o objetivo definido e por fim a última seção traz as considerações finais que fazem o fechamento do trabalho.

2. ASPECTOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Antes de evidenciar os assuntos focos desse estudo é importante descrever sobre a necessidade da criação de uma sociedade mais sustentável, que possa deixar para as futuras gerações um ambiente ecologicamente saudável como determina o Art. 225 da Constituição Federal Brasileira. A Agenda 30 traz 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem alcançados até o ano citado, para a criação de uma sociedade mais sustentável e com mais equidade.

2.1 A Agenda 30

De acordo com Pacheco (2020), o desenvolvimento sustentável tem como modelo a necessidade de crescimento sem que isso possa comprometer a integridade dos recursos naturais, o modelo também descreve a necessidade de justiça social. Promover o desenvolvimento sustentável é de grande relevância especialmente em um contexto global norteado por desigualdades e crises ambientais.

Para Barbieri (2017) é preciso que haja desenvolvimento econômico, mas esse deve acontecer com responsabilidade, sem que para isso haja grandes impactos ambientais de forma negativa. O autor afirma que é preciso que os modelos de produção e consumo sejam repensados, e que se tornem assim mais sustentáveis. As mudanças de comportamentos são essenciais para que haja um crescimento que contribua tanto para o desenvolvimento econômico como para a redução das degradações ambientais.

Em 2015, 193 Estados-membros da Organização das Nações Unidas (ONU) firmaram a Agenda 30, a qual trata de um plano de ação global que define 17 objetivos de desenvolvimento sustentável e que engloba 169 metas a serem alcançadas. Tanto os objetivos como as metas têm como fundamento erradicar a pobreza e promover uma vida com mais

igualdade. Esses objetivos precisam ser trabalhados dentro das condições oferecidas por nosso planeta, visto que é preciso deixar um ambiente saudável para as futuras gerações (ONU, 2025).

O alcance dos objetivos sustentáveis se estende a três dimensões que são: social, ambiental e econômica. A Figura 1 apresenta os 17 ODS. Esses são interconectados e abrangem diversas áreas, refletindo a complexidade dos desafios sociais e ambientais.

Figura 1: Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2025)

Na perspectiva de Boff (2015), o alcance dos ODS precisa da cooperação entre governos, empresas e sociedade. As metas só serão alcançadas se os compromissos se tornarem ações concretas. Sendo assim, é preciso que haja mobilização coletiva para que os ODS sejam atingidos. O ODS 12 descreve bem o foco deste estudo já que determina a produção e consumo responsáveis, o que vai ao encontro tanto da Manufatura Enxuta como da Economia Circular.

2.2 Manufatura Enxuta

De acordo com Cabral e Moraes (2023), o sistema de manufatura enxuta tem apresentado grande relevância visto que traz ações que visam melhorar a gestão das operações a serem aplicadas aos sistemas de produção. Segundo o Sistema Brasileira de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (2023), o conceito da Manufatura Enxuta surgiu no Japão

após a Segunda Guerra Mundial, momento em que a indústria automobilística tinha a necessidade de aumentar a eficiência e vencer a competitividade norte-americana.

A produção enxuta é um processo desenvolvido pela Toyota. O termo foi usado pela primeira vez em 1988, e difundido a partir de 1990 a partir da publicação, em 1990, do livro "A máquina que mudou o mundo" escrito por James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos (Marinho, 2021).

A Manufatura Enxuta tem como característica estratégica na flexibilidade dos processos, com custos reduzidos na produção e como consequência traz resultados consideráveis na redução de desperdícios.

Shinohara (1998) citado por Cabral e Moraes (2023) explica que o processo da manufatura enxuta, busca trazer uma tecnologia que ocasione maior produtividade, com a utilização mínima dos recursos, gerando assim produtos sem defeitos, em um tempo menor, eliminando as unidades intermediárias, como também os desperdícios.

Na visão de Sajan et al. (2017) a manufatura enxuta traz em seu contexto aspectos sociais, ambientais e econômicos, o que vai ao encontro do tripé da sustentabilidade. Já Ohno (1997) e Alves (2011) especificam uma das vantagens da manufatura enxuta e explicam que diante da necessidade da ausência de erros, como forma de evitar excesso na produção e desperdício, existe grande qualidade em todo o processo produtivo, e as oportunidades de melhoria são identificadas ao longo da cadeia produtiva, o que resulta na eliminação de desperdícios e processos que não geram valor à cadeia e ao produto.

Dentro do contexto de sustentabilidade, existe a metodologia da economia circular de grande relevância, por exemplo, para a redução de descarte incorreto de resíduos, motivando que o consumo também seja feito de forma consciente. Dentro do contexto da Manufatura Enxuta, muitas técnicas podem ser usadas como: 5S, Just in time, melhoria contínua, Kanban, Círculos de melhoria Kaizen, redução de estoque, desenvolvimento e a colaboração de fornecedores, dentre outros (Teixeira et al., 2021). Todas essas técnicas têm como objetivo a redução da produção e o desperdício, fator essencial para o desenvolvimento sustentável.

2.3 Economia Circular

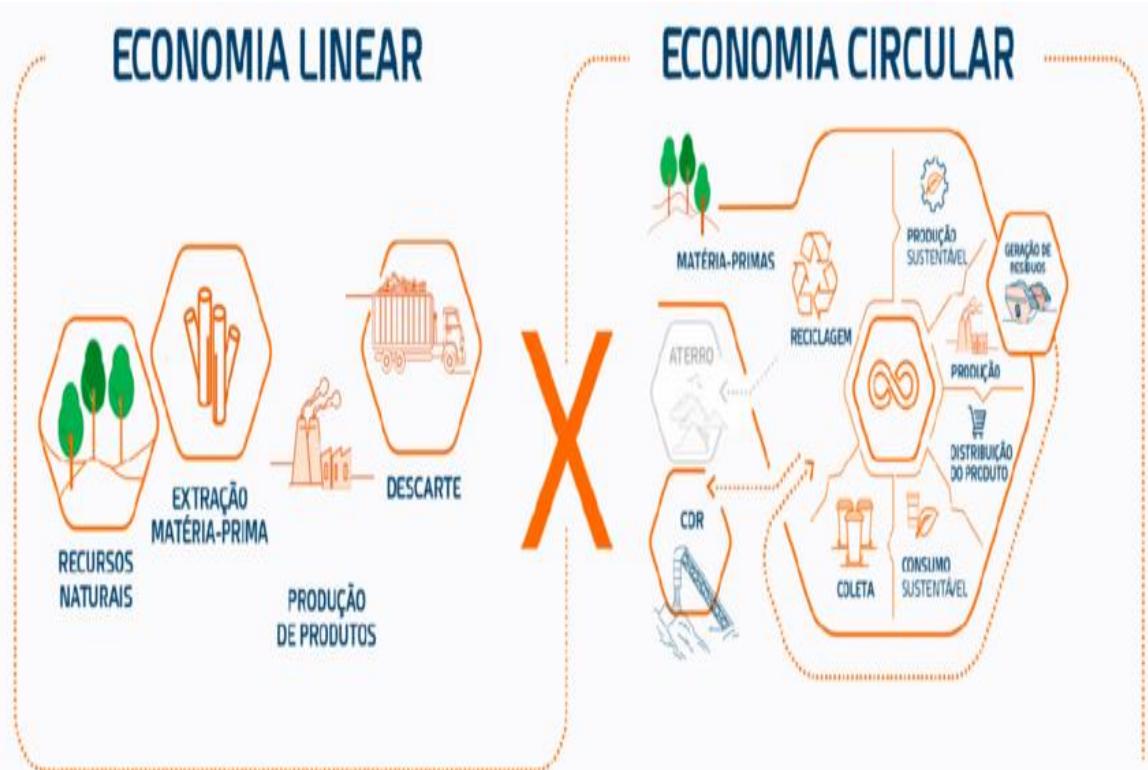
Visando à necessidade de atender as especificações da Agenda 30, em 2024, foi aprovado o Projeto de Lei Complementar nº 5723 de 2023, por esse projeto fica instituída a Política Nacional de Economia Circular (PNEC), assim como o Sistema Nacional de Arranjos Produtivos Locais de Recuperação de Valor da Cadeia Produtiva de Produtos e Materiais

Derivados de Resíduos ou Pós-Consumo e o Programa de Incentivo à Economia Circular em âmbito federal (Brasil, 2023).

O projeto, em seu Art. 2, define por Economia Circular o modo de produção e de consumo, o qual promove o fluxo circular de recursos, no qual são usados processos de reutilização, reparo, recondicionamento, reciclagem e recuperação de valor dos materiais e produtos, o que traz como consequência a regeneração do ecossistema e a renovação de fontes sustentáveis de energia, o que reflete na garantia e promoção do equilíbrio ecológico (Brasil, 2023).

A economia circular tende transformar a economia linear (extrair, processar e descartar) em algo que se torne um ciclo, em que sejam pensados os processos de redução de desperdícios desde o design do produto até o fim de sua vida útil (Yang et al. 2019). A figura 2 apresenta as distinções entre os processos de economia linear e economia circular.

Figura 2: Processos da Economia Linear e da Economia Circular



Fonte: Brito et al. (2024)

Diante do descrito na figura 2 é possível identificar que a economia linear acontece de forma direta, com começo meio e fim, já na economia linear, os produtos fazem parte de um ciclo que presa a sua reutilização extrema antes do processo de descarte.

Sobre os benefícios da economia circular, os autores descrevem o desenvolvimento sustentável, melhor desempenho econômico e ambiental, redução do uso de matérias-primas, minimização de resíduos e outros, contribuindo de forma considerável para que se alcancem os ODS (De Jesus et al., 2019; Wrinkler, 2011; Fraccascia et al., 2017; Chileshe et al., 2016; Schroder et al., 2019).

3. METODOLOGIA

O artigo traz pesquisa qualitativa com Revisão de Literatura. O estudo partiu depois de definido o problema. Foram consultadas as bases de dados Google Acadêmico e SciELO, além de sites que trazem o conteúdo que reflete de forma objetiva o tema proposto. As palavras-chaves utilizadas foram: manufatura enxuta; economia circular; sustentabilidade; agenda 30; objetivos do desenvolvimento sustentável.

Os dados foram coletados em janeiro de 2025. Muitos artigos foram encontrados sobre o tema proposto, mas para contextualizar o trabalho foram utilizados 12 artigos além de conteúdos disponibilizados em sites como o Sistema Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o SEBRAE (2023), a manufatura enxuta trata-se de um sistema de gestão industrial, que tem como objetivo o aumento da eficiência e da produtividade, os quais devem acontecer por meio da redução dos erros e desperdícios na produção. Essa metodologia identifica sete macroáreas da cadeia industrial, as quais devem ser aplicados o processo para que ocorra a redução dos desperdícios. Essas áreas são relacionadas à logística, inventário, movimentação, espera, produção excessiva, processamento excessivo e defeitos.

O método deve ser aplicado incluindo cinco princípios básicos: valor, fluxo de valor, fluxo, puxar e perfeição. Já a Economia Circular tem como principal fundamento a maximização do uso de materiais, ou seja, os produtos devem ser usados em sua totalidade e somente virar resíduos quando não mais podem ser reutilizados.

De acordo com Manavalan e Jayakrishnan (2019), a economia circular relaciona a oferta e a demanda das indústrias as quais formam uma cadeia de suprimentos como forma de potencializar a efetividade dos recursos. A manufatura enxuta promove a eliminação dos desperdícios e dos processos o que não traz valor ao produto ou ao consumidor final.

Outro aspecto que evidencia a importância da economia circular, é que o processo de reciclagem traz aspectos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, eu traz aspectos sobre a importância do descarte correto dos resíduos (Brasil, 2010).

Segundo Mostafa (2013) embora existam diferenças entre a manufatura enxuta e a economia circular, elas se completam. Algo existe em comum entre os dois processos citados e essa relação se estabelece porque as duas metodologias buscam a promoção de um mundo mais sustentável, em que não haja tanto desperdício e impactos ambientais pela geração excessiva de resíduos. Como forma de evidenciar as vantagens de desafios tanto da manufatura enxuta como da economia circular foi elaborado o quadro abaixo.

Quadro 1: Aspectos vantajosos e desafiadores da manufatura enxuta e da economia circular

	Manufatura Enxuta	Economia Circular
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> * Padronização de Processos; * Fazer com menos; * Vantagem Competitiva; * Redução dos custos; * Maior lucratividade. 	<ul style="list-style-type: none"> *Vantagens sociais; *Vantagens econômicas; *Vantagens Ambientais
Desafios	<ul style="list-style-type: none"> *Resistência à mudanças; *Falta de espaço; *Grande tempo utilizado em cada processo. 	<ul style="list-style-type: none"> *Desafios tecnológicos; *Desafios de qualidade do material reciclado; *Desafios de tributação; *Desafios culturais.

Fonte: Elaborado pelo autor segundo análise da literatura (2025)

Em seus estudos, Melo et al. (2022) buscaram identificar se existe uma relação positiva entre a Manufatura Enxuta e a Economia Circular. Diante da análise da literatura, a integração entre essas duas metodologias pode ser de grande importância para que o ciclo permaneça, e destacam que técnicas enxutas como o mapa de fluxo de valor, a eliminação dos desperdícios, 5S, JIT e o foco na qualidade e zero defeitos já têm como objetivos promover a sustentabilidade.

O quadro 2 traz aspectos da Manufatura Enxuta e da Economia Circular eu contribuem para o desenvolvimento sustentável.

Quadro 2: Manufatura Enxuta e Economia circular: promoção da sustentabilidade

Manufatura Enxuta	Economia Circular
Redução de Desperdícios – essa redução deve acontecer em todas as etapas do processo produtivo (excesso de produção, logística desnecessária, estoques demasiados, defeitos.	Design para a circularidade – os produtos são produzidos com a finalidade de maior durabilidade, reparabilidade, reciclagem e reutilização, o que faz com que os produtos não sejam descartados facilmente no meio ambiente, reduzindo assim os impactos.
Melhoria Contínua (Kaizen) – identificação de soluções para os problemas.	Logística Reversa- prática utilizada para reduzir os impactos ambientais provenientes o descarte incorreto de embalagens e produtos.
Just-in-time – produção necessária, no momento correto, como forma de evitar grandes estoques, reduzindo assim o desperdício de materiais e espaços.	Uso de Energia Renovável
Manutenção Produtica Total – envolvimento de todos os colaboradores na manutenção dos equipamentos, o que garante um bom funcionamento e paradas não programadas, as quais atrasam o processo e podem ocasionar erros.	Modelos de Negócios circulares- nesses modelos são priorizados a utilização dos produtos ao invés da posse, como aluguel, compartilhamento, o que traz a reutilização e impactos menores ao meio ambiente.

Fonte: Elaborado pelo autor segundo análise da literatura (2025)

Como forma de promover uma economia circular com objetivo de gerar sustentabilidade Kazazian (2009) cita que é preciso que todo o produto a ser desenvolvido seja pensado e descreve sobre o uso de materiais atemporais, materiais duráveis que possam ser retrabalhados, o que assim faz com que o descarte não seja prematuro.

É importante esclarecer que dentro do contexto da economia circular existe uma importante interação entre meio ambiente e seres humanos, como forma de acabar com os conflitos relativos ao uso inadequado dos recursos ambientais. A economia circular busca reduzir e eliminar ou mesmo compensar os problemas ambientais, evitando que esses problemas se estendam para o futuro (Bursztyn; Bursztyn, 2013; Barbieri, 2016)

Costa e Broega (2023) são categóricos em afirmar que para as metodologias da manufatura enxuta e da economia circular surtirem efeitos positivos é preciso que haja mudança cultural, especialmente porque o mundo vive a era do consumismo.

Brizi (2024) descreve que atualmente 85% das empresas brasileiras adotam ao menos uma prática de circularidade, tais dados foram publicados pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e pelo Centro de Pesquisa em Economia Circular da Universidade de São Paulo (CPEC/USP). Conforme a pesquisa a Economia Circular é um pilar estratégico para as organizações. As empresas têm adotado as normas ISO 59000, em específico a norma.

Tais normas são fundamentais pois oferecem diretrizes para que as empresas adotem processos circulares em todos os processos operacionais, desde a gestão de recursos, design de produtos e práticas de reuso (Brizi, 2024).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas ambientais existem desde que o homem passou a utilizar-se dele como forma de garantir sobrevivência. Com o aumento desenfreado da população mundial, verifica-se que os impactos ambientais das mais diversas ordens também aumentaram, muitos causados pela geração inconsequente de resíduos.

A Agenda 30 surge como uma alternativa para que governo, empresas e sociedade realizem ações em que haja sustentabilidade, e as relações de produção e consumo, atualmente, partam dessa premissa. Diminuir a geração de resíduos, bem como extinguir a poluição em diversos contextos, já era uma proposta da Manufatura Enxuta, bem antes de se pensar nos ODS. A Economia Circular surge como uma forma de motivação e estratégias importantes para a promoção do desenvolvimento sustentável. Em todo o contexto do artigo, as vantagens das duas metodologias são citadas, procurou-se responder o objetivo proposto.

O trabalho contribui de forma direta para o conhecimento acadêmico e traz um assunto ainda muito discutido e que apresenta desafios, pois as ações sustentáveis são provenientes de uma mudança cultural que prevalece há tempos, por isso difícil de ser mudada. Deixar um meio ambiente saudável para as futuras gerações é uma necessidade urgente.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, A. **Economia Linear, Economia Circular e Blockchain.** 2018. Disponível em <http://www.acriacao.com/economia-linear-economia-circular-e-blockchain/>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- BARBIERI, J. C. **Sustentabilidade:** uma visão crítica. São Paulo: Editora Senac, 2017.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial:** conceitos, modelos e instrumentos. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

BOFF, L. **Sustentabilidade:** um caminho para a paz. Petrópolis: Vozes, 2015.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 2 jan. 2025.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 5723 de 2023.** Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9514519&disposition=inline>. Acesso em: 2 jan. 2025.

BRITO, K. C. B.; MENDES, E. L. de A.; COSTA, L. T. P. da.; FERREIRA, L. de O. **Economia circular na indústria da moda:** uma proposta de valor de uma marca sustentável. 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/379198418_Economia_circular_na_industria_da_moda uma_proposta_de_valor_de uma_marca_sustentavel. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRIZI, M. **Economia Circular agora é norma nas empresas:** conheça as diretrizes. 2024. Disponível em: <https://movimentocircular.io/pt/blog/economia-circular-agora-e-norma-nas-empresas-conheca-as-diretrizes>. Acesso em: 27 jun. 2025.

BURSZTYN, M. A.; BURSZTYN, M. Fundamentos de Política e Gestão Ambiental: Caminhos Para a Sustentabilidade. Rio de Janeiro: Garamond, 2013.

CABRAL, C. B.; MORAES, L. B. . MANUFATURA ENXUTA: O QUE É, E COMO COLOCAR EM PRÁTICA. **Revista Multidisciplinar Do Nordeste Mineiro**, v. 12, n. 1. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.61164/rmmn.v12i1.1793>. Acesso em: 10 fev. 2025.

CESAR, M. Economia Circular: uma aliança estratégica para a sustentabilidade Empresarial. 2024. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/lean-manufacturing-e-economia-circular-uma-alian%C3%A7a-para-marden-cesar-z9jvf>. Acesso em: 2 fev. 2025.

COSTA, JUNIOR.; BROEGA, A. C. A economia circular e a sustentabilidade dos materiais na indústria da moda. **REAMD**, Florianópolis, v. 6, n. 3, e2333, p. 01-26, out./ jan. 2023.

DE JESUS, A.; ANTUNES, P.; SANTOS, R.; MENDONÇA, S. Eco-innovation pathways to a circular economy: Envisioning priorities through a Delphi approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, 1494-1513. 2019.

KAZAZIAN, T. **Haverá a idade das coisas leves:** design e desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: 43Ano V, n. 1 - out. 2012/mar. 2013, Ed. SENAC São Paulo, 2009.

KUMAR, N.; MATHIYAZHAGAN, K.; MATHIVATHANAN, D. Modelling the interrelationship between factors for adoption of sustainable lean manufacturing: a business case from the Indian automobile industry. **International Journal of Sustainable Engineering**, v. 13, n.2, p. 93-107.2020.

MANAVALAN, E.; JAYAKRISHNA, K. An Analysis on Sustainable Supply Chain for Circular Economy. **Procedia Manufacturing**, v. 33, 2019. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/2846/Disserta_o_Economia_circular_Mariana_Tedesco_16650785726619_2846.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

MELO, J. C.; CAMPOS, R. T.; ORTIZ, C. R.; RAIS FILHO, I.; JUGEND, D. **É possível integrar a Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing) com a Economia Circular (Circular Economy)?** 2022. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/%C3%A9-poss%C3%ADvel-integrar-manufatura-enxuta-lean-com-economia-melo>. Acesso em: 10 mar. 2025.

OHNO, T. **Toyota production system:** beyond large scale production. Cambrigde: Productivity Press, 1988.

ONU. Organizações das Nações Unidas no Brasil. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 jan. 2025.

SAJAN, M. P.; SHALIJ, P. R.; RAMESH, A. Lean manufacturing practices in Indian manufacturing SMEs and their effect on sustainability performance. **Journal of Manufacturing Technology Management.** 2017.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Manufatura enxuta: produtividade maior para sua empresa. 2023.** Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/manufatura-enxuta-produtividade-maior-para-sua-empresa,7e4bf5fe8b496810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 10 fev. 2025.

VARELA, L.; ARAÚJO, A.; ÁVILA, P.; CASTRO, H.; PUTNIK, G. Evaluation of the relation between lean manufacturing, Industry 4.0, and sustainability. **Sustainability**, v. 11, n. 5, p., 1439. 2019.

WINKLER, H. Closed-loop production systems—A sustainable supply chain approach. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v.4, n.3, p. 243-246. 2011.

YANG, Y.; CHEN, L.; JIA, F.; XU, Z. Complementarity of circular economy practices: an empirical analysis of Chinese manufacturers. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 20, p. 6369-6384. 2019.