

# PRODUÇÃO MAIS LIMPA: CONTRIBUIÇÕES, BARREIRAS, TENDÊNCIAS E OPORTUNIDADES

CLEANER PRODUCTION: CONTRIBUTIONS, BARRIERS, TRENDS AND OPPORTUNITIES

DARLENE GOMES BAÊTA

Universidade Federal Fluminense (UFF)

dgomesbaeta@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-6906-9039>

UALISON RÉBULA DE OLIVEIRA

Universidade Federal Fluminense (UFF)

ualison.oliveira@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-8097-4889>

CECILIA TOLEDO HERNÁNDEZ

Universidade Federal Fluminense (UFF)

ctoledo@id.uff.br

<http://orcid.org/0000-0001-7570-9530>

RICARDO CÉSAR DA SILVA GUABIROBA

Universidade Federal Fluminense (UFF)

ricardocesar@id.uff.br

<http://orcid.org/0000-0003-4108-846X>

PEDRO ROBERTO JACOBI

Universidade de São Paulo (USP)

prjacobi@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-6143-3019>

## RESUMO

O gerenciamento inadequado dos recursos naturais em organizações representa um potencial risco para o meio ambiente e a saúde pública. Visando contribuir com informações para o alcance da gestão eficiente e ambientalmente adequada dos recursos, em conformidade com os aspectos da sustentabilidade, este estudo tem como objetivo apresentar um panorama mundial sobre Produção Mais Limpa, indicando as barreiras e diretrizes existentes para sua adoção. Metodologicamente, o estudo foi suportado por uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que permitiu uma visão abrangente sobre os principais tópicos abordados nas pesquisas relacionadas com a produção mais limpa. Os achados da pesquisa indicam que práticas de Produção Mais Limpa podem gerar resultados significativos nos âmbitos econômico, financeiro, social e ambiental, por meio do uso racional da água, produtos químicos e energia. Foram identificadas 15 barreiras para a adoção de práticas associadas à Produção Mais Limpa. Algumas delas envolvem o enfoque mais em metas de produção e conformidade legal do que em práticas sustentáveis; investimento inicial aparentemente não vantajoso; falta de crédito e financiamento para projetos sustentáveis; e falta de políticas eficazes de incentivo à Produção Mais Limpa. Para superar essas barreiras, foram levantadas diretrizes com abordagens de mais simples implementação, como simplificar a seleção de ações sustentáveis, fornecer orientações claras e aumentar a conscientização ambiental, e outras abordagens mais complexas, como aprimorar continuamente a gestão de recursos, adotar o uso de tecnologias sustentáveis e promover políticas e regulamentações ambientais mais rigorosas.

**Palavras-chave:** Produção mais limpa; Revisão sistemática da literatura; Eficiência energética; Gestão da água; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

*Inadequate management of natural resources in organizations represents a potential risk to the environment and public health. Aiming to contribute information to achieve efficient and environmentally appropriate management of resources, in accordance with sustainability aspects, this study aims to present a global overview of Cleaner Production, indicating the existing barriers and guidelines for its adoption. Methodologically, the study was supported by a Systematic Literature Review (RSL) that allowed a comprehensive view of the main topics covered in research related to cleaner production. The research findings indicate that Cleaner Production practices can generate significant results in the economic, financial, social and environmental spheres, through the rational use of water, chemicals and energy. 15 barriers to the adoption of practices associated with Cleaner Production were identified. Some of these involve focusing more on production goals and legal compliance than on sustainable practices; initial investment apparently not advantageous; lack of credit and financing for sustainable projects; and lack of effective policies to encourage Cleaner Production. To overcome these barriers, guidelines were created with approaches that are simpler to implement, such as simplifying the selection of sustainable actions, providing clear guidance and increasing environmental awareness, and other more complex approaches, such as continually improving resource management, adopting the use of sustainable technologies and promote stricter environmental policies and regulations.*

**Keywords:** Cleaner production; Systematic literature review; Energy efficiency; water management; Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

O rápido aumento da população mundial e o avanço da industrialização têm impulsionado uma demanda crescente por novos produtos, resultando em um uso cada vez mais intensivo dos recursos naturais para sua produção (Ban et al., 2016; Lawania & Biswas, 2018; Weinberger et al., 2012).

Diante dessa realidade, governos, organizações e a sociedade em geral começaram a direcionar esforços para mitigar os problemas decorrentes do uso indiscriminado dos recursos naturais e das práticas inapropriadas de gestão da cadeia produtiva (Ji, 2020; Xu et al., 2018; Zilahy, 2004)

O alcance dessa finalidade pode ser obtido por meio de práticas inerentes da produção mais limpa. Segundo Seth et al. (2018) é importante considerar o contexto que a organização está inserida. A análise deve incluir os aspectos econômicos, sociais e ambientais (Borzaga et al., 2014; Urbaniec et al., 2018), definidos como tripé da sustentabilidade (Sangwan & Mittal, 2015). Sendo assim é possível obter benefícios da produção mais limpa em diferentes cenários e processos produtivos. Como exemplos, há estudos que envolvem indústria de calçados plásticos (Filho et al., 2019); design e fabricação de fraldas descartáveis para bebês (Mendoza et al., 2019); fabricação de ladrilhos cerâmicos (Ros-Dosdá et al., 2018); fábricas de papel (Man et al., 2017); produção de borracha moída a partir de sucata reciclada de pneus (W. Li et al., 2014) extração e processamento de mármore (Gazi et al., 2012), entre muitos outros.

Diante da variabilidade de estudos divulgados sobre o tema, o objetivo principal do presente artigo consiste em fornecer uma visão geral sobre o estado da arte em pesquisas sobre Produção Mais Limpa, indicando as barreiras e diretrizes existentes para sua adoção. Como objetivos específicos, a presente pesquisa pretende: i) conceituar Produção Mais Limpa; ii) discorrer sobre a evolução histórica das pesquisas sobre Produção Mais Limpa; iii) apresentar

os aspectos metodológicos dos estudos avaliados; iv) expor as contribuições da Produção Mais Limpa na prática; v) divulgar as barreiras e diretrizes existentes para sua adoção e; vi) conceder uma agenda e direções para pesquisas futuras.

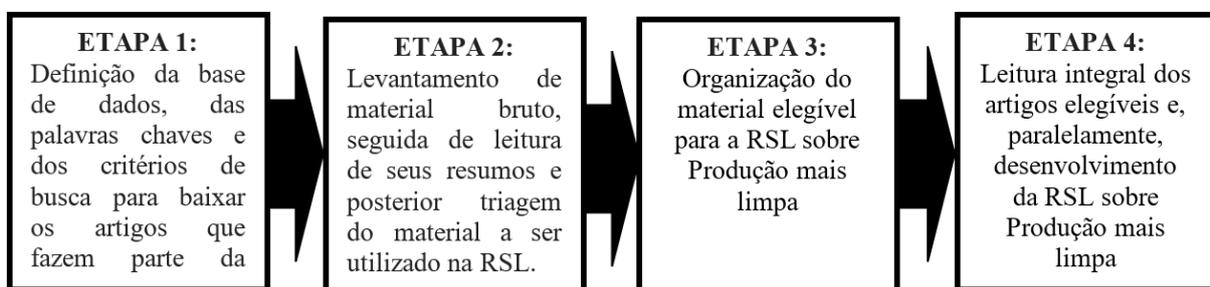
A pesquisa se delimita a desenvolver uma revisão sistemática da literatura, levantando e analisando artigos científicos sobre Produção Mais Limpa provenientes de periódicos da Web Of Science e publicados na língua inglesa até o ano de 2020. Trata-se de um problema de pesquisa relevante por, pelo menos, três aspectos: i) O tema é de interesse e preocupação mundial, incluso na Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (Gregorio et al., 2018; Munguia et al., 2020); ii) Propicia ganhos ambientais e iii) sociais (Chen & Nie, 2020; Govindan et al., 2014).

Cabe destacar as contribuições importantes deste estudo, nos campos teórico, social e gerencial. No âmbito social, proporciona uma definição clara e abrangente do conceito de Produção Mais Limpa, contribuindo para ampliar o entendimento dentro da comunidade acadêmica e aumentar a conscientização ambiental. Em termos teóricos, fornece percepções sobre como as abordagens e práticas evoluíram ao longo do tempo, contribui para a compreensão dos diferentes enfoques e abordagens metodológicas adotadas na literatura e destaca as inovações recentes no campo. No âmbito gerencial, fornece uma agenda e direções para pesquisas futuras, orientando pesquisadores e instituições acadêmicas sobre áreas de investigação prioritárias e lacunas de conhecimento a serem abordadas.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Metodologicamente, a presente pesquisa foi suportada por uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que teve como função organizar o conhecimento difundido ao longo dos anos sobre o tema Produção mais limpa. De forma geral, a presente RSL seguiu as etapas apresentadas na Figura 1, como protocolo estruturado de pesquisa.

Figure 1: Etapas da pesquisa.



Fonte: Autores.

Com a finalidade de foco à pesquisa, a primeira etapa partiu do esclarecimento de seu escopo e também de seu objetivo, que se encontram devidamente apontados na seção de introdução da presente pesquisa. Ainda nessa etapa selecionou-se a base de dados para a pesquisa,

que nesse caso foi a Web of Science (WoS), cuja escolha se justifica por sua relevância, influência e prestígio, apontada por diversos autores, dos quais destacam-se Abrizah et al. (2013), Adriaanse & Rensleigh (2013), Aghaei Chadegani et al. (2013) e Mongeon & Paul-Hus (2016).

A segunda etapa da pesquisa identificou todos os artigos publicados a partir de 01 de janeiro de 1945 até 31 de agosto de 2020, sendo a busca realizada por meio de “pesquisa avançada” na Web of Science. Como argumento de pesquisa, a busca continha o termo produção mais limpa combinado com eficiência energética ou gestão da água ou química sustentável ou engenharia sustentável ou eliminação de resíduos ou construção sustentável e redução e eliminação de substâncias tóxicas ou manuseio de material aprimorado ounexo ambiental. Os termos, traduzidos para o inglês, foram buscados nos títulos, resumos e palavras-chave para artigos publicados na língua inglesa. O número de artigos encontrados nessa etapa, após a eliminação de artigos em duplicidade, foi de 174. Ainda nessa etapa, houve leitura de todos os resumos, de forma que os artigos que não estivessem relacionados ao tema fossem descartados.

A terceira etapa abordou a organização do material elegível para a RSL sobre Produção Mais Limpa que consistiu em exportar os arquivos para o Mendeley, software gerenciador de referências, produzido pela Elsevier, para gerenciar e compartilhar documentos de pesquisa.

Na quarta e última etapa, o material elegível foi lido integralmente, a partir do qual elaborou-se a definição de Produção Mais Limpa; evolução histórica da Produção Mais Limpa ao longo dos anos; os aspectos metodológicos de pesquisa sobre Produção Mais Limpa; as contribuições da Produção Mais Limpa para as organizações; as barreiras para adoção da Produção Mais Limpa pelas organizações; as diretrizes para adoção da Produção Mais Limpa pelas organizações; as inovações sobre Produção Mais Limpa e, por fim, uma agenda e direções para pesquisas futuras.

### 3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Esta seção examina os aspectos inerentes das pesquisas relacionadas com o tema “produção mais limpa”. Os resultados são apresentados em uma abordagem abrangente. Este trabalho de pesquisa auxiliará indústrias, pesquisadores, governo e todos os interessados em obter uma visão holística sobre o panorama mundial das pesquisas nessa temática.

#### 3.1 Definição de Produção Mais Limpa

A produção mais limpa consiste em aplicar conhecimento (Bello et al., 2017; May et al., 2017; Petek et al., 2016), tecnologia (Alkaya & Demirer, 2015; Filho et al., 2019), informação (Katherine Leanne Christ et al., 2016; Duić et al., 2015), políticas (Mestl et al., 2005; Zhao et al., 2016), habilidades (Altham, 2007; Dirckinck-Holmfeld, 2015) e demais insumos para produção de forma a prevenir e mitigar os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes de toda a cadeia produtiva, desde aquisição da matéria-prima até o produto final e prestação de serviços. A Tabela 1, apresenta o conceito de produção mais limpa com base nas definições encontradas na literatura.

Tabela 1: Definição da Produção Mais Limpa

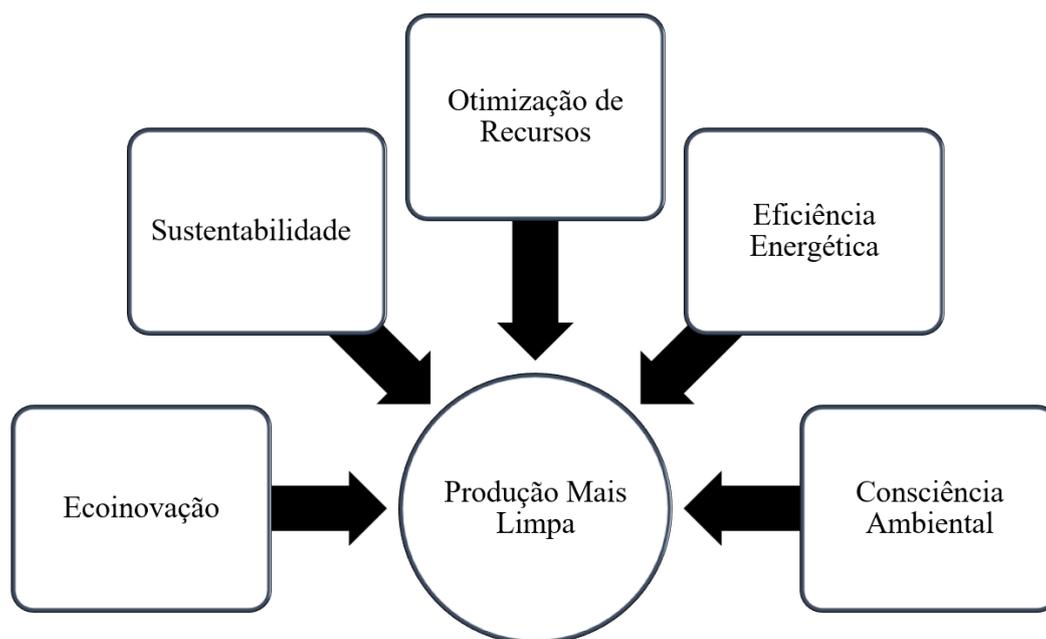
<b>Definição da Produção Mais Limpa</b>	<b>Autores</b>
<b>01.</b> A produção mais limpa, segurança energética e economia circular é obtida por meio de sistemas eficientes de energia, água e meio ambiente.	Algieri et al. (2020)
<b>02.</b> A produção mais limpa é uma prática que promove a consciência da produção sustentável.	Ozturk et al. (2020a)
<b>03.</b> A produção mais limpa e produção sustentável resultam do monitoramento dos fluxos de energia e materiais nos processos de produção e das escolhas de ações que visem eliminar ineficiências nos processos, otimizando o uso de recursos. Como consequência, promovem benefícios ambientais e contribuem para o bem-estar humano.	Benedetti et al. (2019); Ozturk et al.(2020a); Ulgiati et al. (2019); Liu et al. (2019)
<b>04.</b> A produção mais limpa e produção sustentável é obtida por intermédio de otimização de processos, melhoria na gestão dos resíduos e redução das emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes.	Zarghami & Fatourehchi, (2020)
<b>05.</b> A produção mais limpa é impulsionada pela preocupação com os fatores ambientais, como resíduos e poluição.	Zarghami & Fatourehchi, (2020)
<b>06.</b> A produção mais limpa abrange as áreas urbanas e agrícolas e atividades industriais e busca a dinâmica interação entre os sistemas ambientais e econômicos para o alcance da sustentabilidade, a nível local e global.	Ulgiati et al. (2019)
<b>07.</b> A produção mais limpa permite prevenir perda de tempo, materiais e energia nos processos produtivos.	Shi et al. (2019)
<b>08.</b> A produção mais limpa é uma solução para lidar com os impactos decorrentes do rápido desenvolvimento industrial e um consumo excessivo de recursos. Diante disso, visa reduzir o consumo de recursos, a geração de resíduos e os impactos ambientais.	Özbilen et al. (2019)
<b>09.</b> A produção mais limpa possui a eficiência energética como um dos conceitos-chave da produção.	Unver & Kara (2019)
<b>10.</b> A produção mais limpa é um conceito-chave para o desenvolvimento sustentável.	Cong & Shi (2019)
<b>11.</b> A produção mais limpa é um meio para desenvolver uma economia sustentável. Sendo assim, possui associação com os conceitos de bioeconomia, economia verde e economia circular. Além disso, atrai o interesse para o desenvolvimento de políticas, pesquisas acadêmicas e interesses sociais e comerciais.	Gregorio et al. (2018)
<b>12.</b> A produção mais limpa é obtida por meio do aprimoramento de tecnologia e processos e um melhor aproveitamento dos recursos.	Aznar-Sánchez et al. (2018)
<b>13.</b> A produção mais limpa tem como fundamento o uso sustentável de recursos, minimização de resíduos e prevenção da poluição na fonte. Sendo assim, propicia ganhos econômicos significativos, aumento da produtividade, redução dos custos e dos impactos ambientais.	Kliopova-Galickaja & Kliaugaite (2018)
<b>14.</b> A produção mais limpa consiste em aplicar, de forma contínua, estratégias preventivas relacionadas com os processos, produtos e serviços com o intuito de aumentar a eficácia, eficiência e reduzir o risco para os seres humanos e o meio ambiente.	Lawania & Biswas (2018)
<b>15.</b> A produção mais limpa visa estabelecer processos e atividades que atenuam os impactos ambientais por meio da escolha de ações que previnem a poluição, seleção de matérias-primas mais apropriadas, reutilização e reciclagem de materiais, tratamento mais adequado dos resíduos e processos eficientes que considerem o ciclo de vida do produto	Nhapi & Hoko (2004)

Fonte: Autores

Além disso, visa promover a reintegração dos resíduos gerados, pós-consumo, na cadeia produtiva, visando a redução da demanda por matérias-primas virgens e degradação do meio ambiente (Geng, 2005; W. Li et al., 2014). A partir da Tabela 1, a Figura 2, por sua vez, apresenta as palavras-chaves atreladas ao conceito de produção mais limpa com base nas definições encontradas na literatura consultada, onde observa-se que esse conceito está associado comecoinovação, sustentabilidade, otimização de recursos, eficiência energética e consciência ambiental.

Essas palavras-chave estão interligadas, já que ecoinovação consiste na gestão ambiental eficiente para otimizar e alocar recursos naturais, financeiros, tecnológicos e empresariais em investimentos de processos, produtos e serviços que considerem os aspectos da sustentabilidade (Scarpellini et al., 2018; Ros-Dosdá et al., 2018). Para o alcance de soluções mais sustentáveis, é necessário fomentar a conscientização ambiental para que gestores, legisladores e a população em geral possam considerar os impactos ambientais, sociais e econômicos de uma tomada de decisão (Nhapi & Gijzen, 2005).

Figure 2: Palavras-chaves sobre produção mais limpa.



Fonte: Autores.

O entendimento de um conceito é relevante pois pode desencadear mudanças positivas. Por exemplo, Biswas (2012) observou que alunos de engenharia precisavam obter o entendimento sobre o conceito de ecologia industrial, no currículo do curso de graduação, para o aprimoramento das práticas sustentáveis no exercício de suas funções profissionais. Entretanto a disseminação de um conceito pode demorar um período de tempo. Conforme apontado por Gregorio et al. (2018), os conceitos de economia verde, economia circular e bioeconomia surgiram entre os 1970 e 1990. No entanto, foi somente no início de 2004 que eles se tornaram populares no campo da economia. Diante disso, é importante melhorar a educação em relação às questões ambientais com o intuito de promover uma adesão dos conceitos que visem a sustentabilidade nos processos produtivos (Thomé et al., 2019).

### 3.2 Definição dos Termos de Seleção de Busca

Esta seção explora os principais conceitos dos termos utilizados na segunda etapa da presente pesquisa que, quando combinados com “produção mais limpa”, resultaram em pelo menos um registro na busca realizada na Web of Science.

A eficiência energética busca empregar os recursos energéticos de maneira otimizada, visando à redução do consumo de energia, impacto ambiental e desperdícios em todos os setores produtivos, através de abordagens proativas (Dirckinck-Holmfeld, 2015), desenvolvimento de indicadores de desempenho e identificação de oportunidades de melhoria (Aughney & O'Donnell, 2015).

A gestão da água refere-se ao conjunto de estratégias, práticas e tecnologias adotadas para garantir o uso eficiente, responsável e sustentável dos recursos hídricos disponíveis. Isto compreende a implementação de sistemas de tratamento de água, como proposto por Liu et al., (2017) em um estudo sobre águas residuais da indústria de tingimento na China. Também contempla a reutilização estratégica da água em diferentes processos produtivos (Kist et al., 2009), bem como a redução do consumo, com destaque para as indústrias agroalimentares, identificadas como as principais consumidoras de água (Jia et al., 2019).

A química sustentável tem o intuito de desenvolver processos químicos, tecnologias e inovações que reduzam o impacto ambiental e promovam o uso eficiente de recursos naturais (Moser & Jakl, 2015). De acordo com Weißfloch & Geldermann (2016) desempenha um papel crucial na indústria têxtil, em virtude dos desafios relacionados com a poluição ambiental causada pelo uso de produtos químicos. Adicionalmente, Aznar-Sánchez et al. (2018) ressaltam a importância do gerenciamento sustentável de metais, abordando questões como descontaminação de água e solo, gestão de resíduos e inovação de processos para uma produção mais limpa e eficiente.

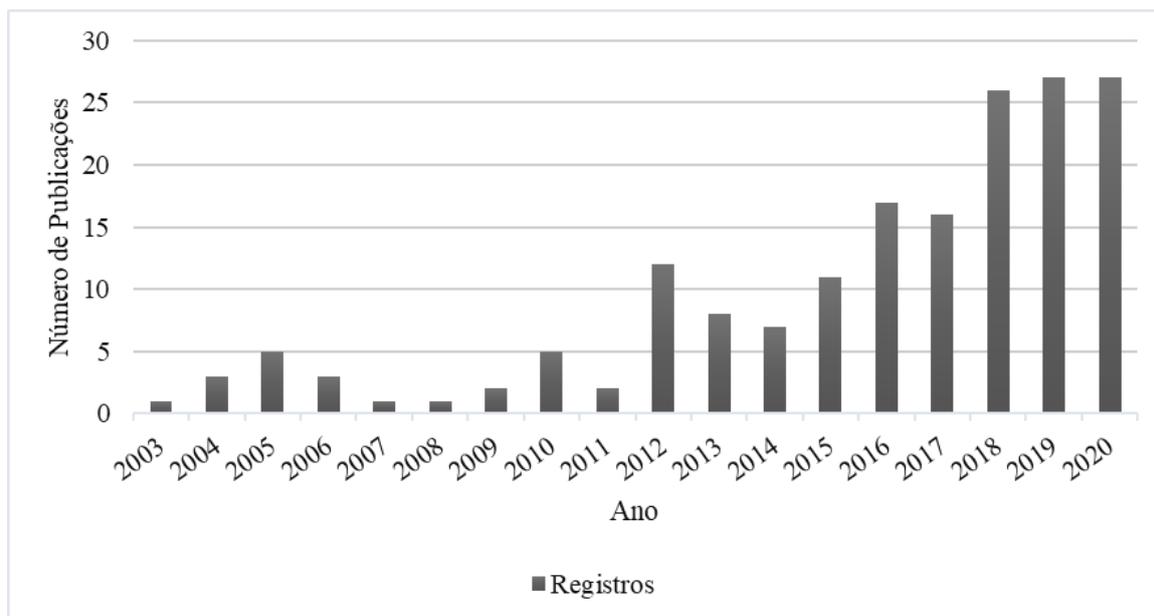
A engenharia sustentável integra princípios e práticas sustentáveis no desenvolvimento e operação de sistemas e projetos de engenharia. De acordo com Urbaniec et al., (2018), é uma necessidade urgente para o desenvolvimento sustentável, especialmente após o Acordo de Paris de 2015, onde os países se comprometeram a buscar um desenvolvimento mais equilibrado e inclusivo. Para Biswas (2012), é importante incorporar conceitos de ecologia industrial nos currículos de engenharia a fim de preparar os futuros engenheiros para enfrentar os desafios complexos da sustentabilidade, capacitando-os a desenvolver soluções mais sustentáveis.

A eliminação de resíduos consiste na gestão para redução de materiais indesejados, subprodutos ou desperdícios gerados por atividades antrópicas (Bello et al., 2017). Diante disso, Mustapha et al., (2017) destaca a importância de abordagens integradas de gestão sustentável para coleta, monitoramento, análise e gestão mais eficientes de informações e recursos com intuito de lidar de forma eficaz com resíduos industriais. Além disso, Dovì et al., (2009) resalta a necessidade de reduzir o impacto ambiental da produção industrial, destacando a minimização de resíduos como uma das principais áreas de foco para alcançar um futuro mais sustentável.

### 3.3 Evolução histórica da Produção Mais Limpa ao longo dos anos

O tema “produção mais limpa” está em ascensão em pesquisas científicas. Em comparação com os últimos 18 anos, os anos 2019 e 2020 foram os anos que mais apresentaram publicações sobre o tema, conforme apresenta a Figura 3. Outro aspecto é que o número de publicações neste tema quadruplicou em 7 anos (de 2014 a 2020), indicando o interesse da comunidade científica em virtude da importância do tema.

Figura 3: Quantidade de artigos publicados no mundo – tema: Produção Mais Limpa.

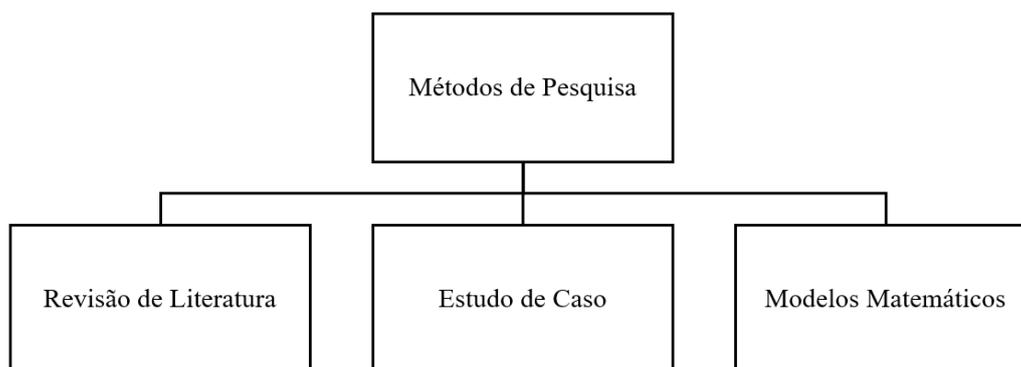


Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da plataforma Web of Science.

### 3.4 Aspectos metodológicos de pesquisa sobre Produção Mais Limpa

Conforme a Figura 4, os métodos empregados nos artigos podem ser classificados em revisão de literatura, estudo de caso e modelos matemáticos.

Figura 4: Aspectos metodológicos de pesquisa sobre Produção Mais Limpa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os artigos que empregam o estudo de caso com foco na eficiência energética, apresentam as implicações práticas nas unidades de destilação de petróleo bruto (Yang et al., 2020), sistemas de irrigação (Algieri et al., 2020), descarbonização industrial (Castrillón-Mendoza et al., 2020), edifícios públicos (Munguia et al., 2020), refinaria de gás natural complexa (Mehdizadeh-Fard et al., 2018), processo de produção de etileno (Ghannadzadeh & Sadeqzadeh, 2016), segmentação de atividades de manufatura (Aughney & O'Donnell, 2015), sistemas de ar comprimido (Weißfloch & Geldermann, 2016), indústria automotiva (Enderle et al., 2012), indústria de papel e celulose (Y. Wang et al., 2011).

Nos estudos de caso, as forças motrizes para a melhoria da eficiência energética nas indústrias de fundição na Finlândia, França, Alemanha, Itália, Polônia, Espanha e Suécia também são apresentadas (Thollander et al., 2013). Além disso, são expostas as barreiras organizacionais para adoção de princípios que visem a eficiência energética (Soepardi & Thollander, 2018).

Em relação a gestão eficiente da água, os estudos de caso exploram as cadeias de abastecimento agrícolas (Jia et al., 2019), indústria automotiva (Enderle et al., 2012), processos de mistura de lã e têxtil (Baban et al., 2010), frigorífico de aves (Kist et al., 2009) e o impacto do esgoto em corpos d'água superficiais (Soriano & Rubió, 2019). Também é abordado sobre as considerações espaciais e temporais no desempenho de sistemas de recuperação de calor de águas residuais (Spriet et al., 2020).

Estudo de casos com enfoque no carbono tratam das emissões de carbono da indústria de celulose e papel (Y. Wang et al., 2016), contabilidade de carbono para gestão da cadeia de suprimentos na indústria automobilística (K.-H. Lee, 2012) e políticas de rotulagem de redução de carbono sob uma simulação de jogo evolutivo (Zhao et al., 2016).

Também é perceptível estudos de caso com enfoque na regulamentação ambiental e diretrizes para aumentar a ecoeficiência e a sustentabilidade em indústria de papel e celulose (Y. Wang et al., 2011), indústria de calçados plásticos (Filho et al., 2019), produção de gás de xisto (Hong et al., 2020), produção de borracha moída a partir de pneus inservíveis (W. Li et al., 2014), produção têxtil sustentável (Alkaya & Demirer, 2014), fabricação de revestimentos cerâmicos (Huang et al., 2013). Além disso, há estudos de caso que utilizam ferramentas de otimização (L.-L. Li et al., 2020; Liu et al., 2019; B. Wang et al., 2019), abordagem de Sistema de Gestão Verde Sustentável (SGMS) (Mustapha et al., 2017) e Benchmarking (Altham, 2007) para o alcance de uma produção mais limpa.

Os artigos de revisão de literatura fornecem tendências das publicações sobre economia bio, verde e circular (Gregorio et al., 2018), o que inclui fronteiras no desenvolvimento, integração e intensificação de processos para ciclos de vida circulares e emissões reduzidas (Walmsley et al., 2018), tecnologias para o uso mais eficiente dos recursos (Nižetić et al., 2019; Weinberger et al., 2012), informações para o alcance de energia mais limpa (Dovì et al., 2009; May et al., 2017; Mickovic & Wouters, 2020) e direcionamento para a sustentabilidade no setor industrial (Kunz et al., 2013; Neri et al., 2018). Também é exposto nos artigos de revisão de literatura como o uso de atividades e ferramentas atreladas ao planejamento e controle da Produção (PPC) podem contribuir para a melhora na ecoeficiência (de Souza Costa et al., 2020), considerações para redução de emissão de CO<sub>2</sub> por meio de Aglutinantes de cal para a reparação de edifícios históricos (Forster et al., 2020), aplicações de reatores de leito fluidizado no tratamento de águas residuais (Bello et al., 2017) e implementação de leasing de produtos químicos (Moser & Jakl,

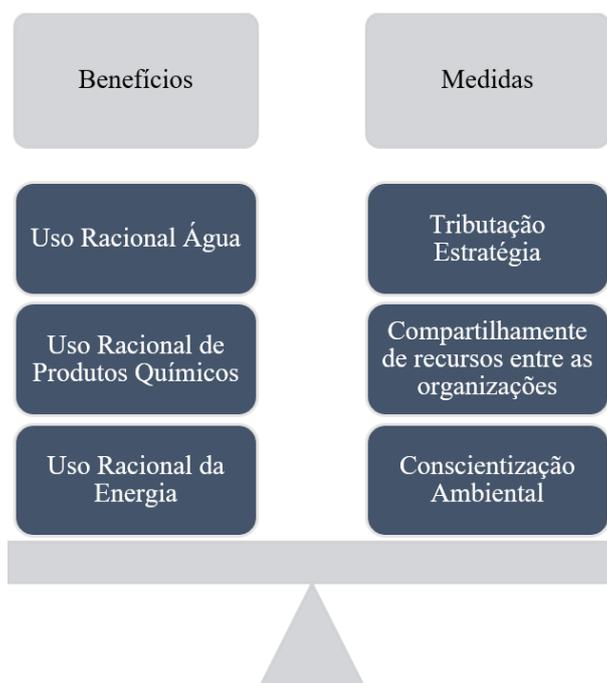
2015), Metalurgia extrativa de tungstênio (Shen et al., 2019) e manufatura ecológica e estruturas semelhantes (Sangwan & Mittal, 2015).

Já os artigos que empregam modelos matemáticos, analisam a gestão da água (S. J. Lee et al., 2014; Prieto et al., 2015), eficiência energética (Ozer & Guven, n.d.; T. Wang et al., 2020), emissões de gases de efeito estufa (Mahmoudi et al., 2019; Mikulčić et al., 2016). Além disso, analisam se a distorção do mercado de fatores afeta a intensidade da poluição industrial (Ji, 2020). Também verificam se o rigor da política ambiental estimula a inovação e a produtividade (Martínez-Zarzoso et al., 2019).

### 3.5 Contribuições da Produção Mais Limpa na prática

Estudos contemplando diversas áreas de pesquisas demonstraram que a adoção de princípios inerentes da produção mais limpa pode promover benefícios significativos (Nhapi & Hoko, 2004). Como exemplo disso e em conformidade com a Figura 5, será abordado os benefícios do uso racional da água, produtos químicos e energia, mediante adoção de algumas medidas preventivas e corretivas de Produção Mais Limpa.

Figure 5: Contribuição e Medidas da Produção Mais Limpa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma pesquisa conduzida considerando o contexto da Harare, cidade capital do Zimbábue, resultou na constatação de que seria possível reduzir de 492.000 m<sup>3</sup>/ d para 361.000 m<sup>3</sup>/ d, ou seja 27%, a produção total de águas residuais com base na prospecção do ano de 2015, contribuindo para amenizar os transtornos oriundos da poluição e escassez da água (Nhapi & Gijzen, 2005; Nhapi & Hoko, 2004). Para a gestão das águas urbanas, de forma a atender em qualidade e quantidade as necessidades humanas e dos ecossistemas, é estabelecido soluções que não

consideram o contexto local, como o aspecto econômico da região (Nhapi & Hoko, 2004). Em virtude disso, muitas pessoas não possuem instalações de água e saneamento confiáveis (Nhapi & Hoko, 2004).

Com o intuito de reduzir o consumo desnecessário da água, é recomendado o uso de vasos sanitários com baixa descarga (3 / 6l), chuveiros com economia de água (3-6l / min) e torneiras (2-4l / min), reciclagem de água cinza (grey water) e irrigação por gotejamento na agricultura urbana (Nhapi & Hoko, 2004). Outras medidas de gestão de água incluem punições tarifárias em decorrência do consumo indiscriminado, o racionamento de água, campanhas de conscientização para os geradores de águas residuais, coleta de água da chuva para complementar as águas superficiais e aquíferos subterrâneos, evitar a mistura dos efluentes industriais com águas residuais domésticas, pois podem inibir os processos de degradação microbiana (Nhapi & Hoko, 2004). Além disso, os domicílios podem usar métodos de saneamento secos ou com baixo consumo de água em consonância com a coleta contínua ou em lote de nutrientes para recuperação ou reutilização (Nhapi & Hoko, 2004).

Em um estudo conduzido por Perthen-Palmisano & Jakl, (2005), foi identificado que se modelos de leasing de produtos químicos (chemical leasing) fossem aplicados em 12 áreas principais (limpeza, lubrificação, remoção de tinta e outras), a quantidade desses produtos usados atualmente na Áustria poderia ser reduzida em um terço (53.000 toneladas por ano) e como consequência da maior eficiência os custos poderiam ser reduzidos de até 10-15% por empresa.

O uso dos produtos químicos é expressivo não somente nas empresas químicas, mas também nos processos de produção em muitos setores industriais (Perthen-Palmisano & Jakl, 2005). Somando-se a isso os instrumentos tradicionais de políticas ambientais são direcionados apenas para as substâncias mais perigosas (Perthen-Palmisano & Jakl, 2005). Dentro desse contexto, o Plano de Implementação de Joanesburgo de 2002 define a meta de no ano de 2020 a produção e consumo de produtos químicos serem de forma a não ameaçar a saúde humana e o meio ambiente. Além disso, a incorporação de modelos de leasing de produtos químicos pode favorecer o alcance de padrões de produção mais sustentáveis e eficientes (Perthen-Palmisano & Jakl, 2005).

Para adoção de medidas de produção mais limpa relacionadas à energia, os funcionários, independentemente do nível hierárquico que atuam, precisam ter conhecimento sobre as medidas de eficiência energética em potencial e já implementadas na organização, para então contribuir com a utilização mais prudente desse recurso (Zilahy, 2004). A Produção Mais Limpa pode ser impulsionada por meio de uma tributação que reduza o imposto sobre o valor agregado (IVA) (Reijnders, 2003). Como exemplo disso, a Eslováquia obteve um estímulo para utilizar tintas com baixo teor de solvente orgânico (Reijnders, 2003). Também é necessário que os geradores de resíduos pós-consumo assumam a responsabilidade pela gestão desse material (Reijnders, 2003).

Outra medida está associada a redução de subsídios para a aquisição de matérias primas e outros insumos (Reijnders, 2003). Além disso, a legislação e empresas pró-ativas podem atuar de forma mais expressiva para promoção de práticas mais sustentáveis de produção (Reijnders, 2003). Em virtude dos fatos mencionados, padrões de produção e consumo mais limpos incorporados nas atividades urbanas, agrícolas e industriais, considerando a interação dinâmica entre os sistemas ambientais e econômicos propiciam o alcance da sustentabilidade no âmbito local, global e em escalas espaciais (Ulgiati et al., 2019).

### 3.6 Barreiras e Diretrizes para adoção da Produção Mais Limpa na prática

O atraso nas implementações de projetos de produção mais limpa pode estar associado com barreiras conceituais, organizacionais, técnicas, econômicas, financeiras e políticas. As barreiras conceituais constituem da interpretação equivocada ou limitada sobre a Produção Mais Limpa; falta de acesso a informação e as lacunas nas pesquisas publicadas em relação ao tema e na resistência às mudanças. Citando como barreiras organizacionais, as tomadas de decisões ao nível operacional se limitam principalmente às metas de produção e à conformidade legal, ignorando aspectos mais amplos de sustentabilidade. Além disso, o gerenciamento eficiente do uso de recursos como água e energia ainda não é formalmente praticado na maioria das empresas. Outro aspecto relevante é que, a estrutura organizacional pode implicar em limitações para aplicação de ações mais sustentáveis.

As barreiras técnicas estão associadas com a complexidade na aplicação de técnicas voltadas para produção mais limpa e ausência de informações técnicas compatíveis com o contexto da organização. Em relação as barreiras econômicas, o investimento de capital na produção mais limpa pode não ser tão rentável em relação as outras formas de investimento. Além disso, há o desconhecimento dos custos totais e alocação inapropriada dos recursos nos processos produtivos. Já as barreiras financeiras estão atreladas com o alto custo de capital para alocar em projetos mais sustentáveis e com a falta de créditos e oportunidades de financiamento para incentivar investimentos com projetos de produção mais limpa. Por fim, as barreiras políticas evidenciam o foco insuficiente na definição de políticas com o intuito de promover a produção mais limpa.

A relevância de cada um dos entraves identificados está associada com o contexto no qual a organização está inserida. Para cada barreira identificada uma diretriz foi atrelada com o intuito de conduzir uma tomada de decisão mais assertiva e com isso atenuar os impactos decorrentes dos obstáculos para o alcance de uma produção mais limpa. Para lidar com as barreiras conceituais é necessário aumentar a consciência ambiental, educação e treinamento. Além disso, deve-se desenvolver novas pesquisas em conformidade com as necessidades do contexto de países desenvolvidos e em desenvolvimento. Cabe mencionar que o futuro dos negócios pode exigir mudanças de paradigmas, transferindo o foco no aumento do volume de vendas de produtos para a preocupação com todo o ciclo de vida dos produtos.

A mitigação dos problemas oriundos das barreiras organizações pode ser feita mediante o fornecimento de materiais de orientação e regras claras para os operadores incorporarem práticas sustentáveis em suas interações com as empresas. Outra medida relevante é fomentar uma gestão que controla as emissões industriais e emprega matérias-primas e energia de forma eficiente e tecnologias de produção sustentáveis. Além disso, deve-se aplicar práticas sustentáveis que considerem o contexto em que a organização está inserida.

No que diz respeito ao enfrentamento das barreiras técnicas, é necessário empregar estudos que visem tornar mais simples a seleção de ações voltadas para a sustentabilidade no ambiente organizacional. Outra medida que deve ser aplicada consistente em promover a educação, treinamento e experiência de cientistas e demais profissionais quanto ao uso eficiente dos recursos. Para atenuar as barreiras econômicas deve-se realizar estudos de análise de viabilidade a partir da definição dos critérios para escolha de ações mais assertivas. Em relação as barreiras financeiras, promover financiamentos para aquisição de tecnologias mais sustentáveis e incentivar

financeiramente a realização de processos e o uso de materiais mais coerentes com a produção mais limpa, podem ser estratégias eficientes de gestão.

Por fim, as barreiras políticas podem ser combatidas ao estabelecer, de forma mais expressiva, regulamentações incorporadas na legislação que visem fomentar a prática de produção mais limpa. A Tabela 2 apresenta as principais barreiras, segregadas por categoria, e que foram evidenciadas na literatura.

Tabela 2: Barreiras e diretrizes da Produção Mais Limpa.

Item	Barreiras Conceituais	Autores	Diretrizes	Autores
1.	Interpretação equivocada ou limitada sobre a Produção Mais Limpa	Duić et al. (2015)	Deve-se aumentar a consciência ambiental, educação e treinamento.	Khorasanizadeh et al. (2016); Seth et al. (2018)
2.	Falta de acesso a informação e lacunas nas pesquisas publicadas em relação ao tema.	Thollander et al. (2013); Mickovic & Wouters, (2020).	Deve-se desenvolver novas pesquisas em conformidade com as necessidades do contexto de países desenvolvidos e em desenvolvimento.	Weinberger et al. (2012)
3.	Resistência às mudanças.	Trianni et al. (2017); Van Hoof & Lyon, (2013)	O futuro dos negócios pode exigir mudanças de paradigmas, transferindo o foco no aumento do volume de vendas de produtos para a preocupação com todo o ciclo de vida dos produtos.	Schwager & Moser (2006)
Item	Barreiras Organizacionais	Autores	Diretrizes	Autores
1.	A tomada de decisões ao nível operacional se limita principalmente às metas de produção e à conformidade legal, ignorando aspectos mais amplos de sustentabilidade.	Katta et al. (2020)	Deve-se fornecer materiais de orientação e regras claras para os operadores incorporarem práticas sustentáveis em suas interações com as empresas.	Dirckinck-Holmfeld (2015)
2.	O gerenciamento eficiente do uso de recursos como água e energia ainda não é formalmente praticado na maioria das empresas.	Filho et al. (2019)	Deve-se fomentar uma gestão que controla as emissões industriais e emprega matérias-primas e energia de forma eficiente e tecnologias de produção sustentáveis.	Alkaya & Demirer (2014)
3.	A estrutura organizacional pode implicar em limitações para aplicação de ações mais sustentáveis nos processos produtivos.	Trianni et al. (2017)	Deve-se aplicar práticas sustentáveis que considerem o contexto em que a organização está inserida.	Zarghami & Fatourehchi, (2020)

Item	Barreiras Técnicas	Autores	Diretrizes	Autores
1.	Complexidade na aplicação de técnicas voltadas para produção mais limpa.	Kunz et al. (2013)	Deve-se empregar estudos que visem tornar mais simples a seleção de ações voltadas para a sustentabilidade no ambiente organizacional.	K.-H. Lee (2012)
2.	Ausência de informações técnicas compatíveis com o contexto da organização.	Katherine L Christ (2014)	Deve-se promover a educação, treinamento e experiência de cientistas e demais profissionais quanto ao uso eficiente dos recursos.	Matus et al. (2012)
3.	Ausência de profissionais qualificados.	Matus et al. (2012)		
Item	Barreiras Econômicas	Autores	Diretrizes	Autores
1.	O investimento de capital na produção mais limpa pode não ser tão rentável em relação as outras formas de investimento.	Nižetić et al. (2019)	Deve-se realizar estudos de análise de viabilidade a partir da definição dos critérios para escolha de ações mais assertivas.	Zaneti et al. (2012)
2.	Desconhecimento dos custos totais do processo produtivo.	Mickovic & Wouters, (2020)		
3.	Alocação inapropriada dos recursos nos processos produtivos.	Rehmatulla & Smith, (2015)		
Item	Barreiras Financeiras	Autores	Diretrizes	Autores
1.	Alto custo de capital para alocar em projetos mais sustentáveis.	Herrera et al. (2017)	Deve-se promover financiamentos para aquisição de tecnologias mais sustentáveis.	Weinberger et al. (2012)
2.	Falta créditos e oportunidades de financiamento para incentivar investimentos com projetos de produção mais limpa.	Kuppig et al. (2016)	Deve-se incentivar financeiramente a realização de processos e o uso de materiais mais coerentes com a produção mais limpa.	Weinberger et al. (2012)
Item	Barreiras Políticas	Autores	Diretrizes	Autores
1.	Foco insuficiente na definição de políticas com o intuito de promover a produção mais limpa.	J. Li et al. (2019)	Deve-se promover, de forma mais expressiva, regulamentações incorporadas na legislação que visem fomentar a prática de produção mais limpa.	Reijnders (2003)

Fonte: Autores

### 3.7 Inovações sobre Produção Mais Limpa

As organizações podem incorporar a inovação como estratégia para o alcance da sustentabilidade (Kuppig et al., 2016). Sendo assim, é possível prevenir ou reduzir consideravelmente o desperdício de água, energia, materiais e tempo de processamento (Duić et al., 2015). Conforme Martínez-Zarzoso et al. (2019) e Zhao et al. (2016), a inovação pode surgir mediante regulamentos ambientais mais rigorosos. Desencadeando assim, processos de produção mais limpos. Além disso, a concorrência entre as organizações podem estimular o desenvolvimento de produto e inovação tecnológica (Neri et al., 2018).

Outro fator que pode influenciar na adoção de inovações nos processos produtivos consiste na estrutura de rede de uma empresa, ou seja, na sua disponibilização de informações, ideias e mecanismos para resolução de problemas (Kunz et al., 2017). As diferentes dimensões dos recursos financeiros também influenciam no investimento inovador, de acordo com estudo realizado com uma amostra composta por empresas espanholas (Scarpellini et al., 2018). Segundo Fresner & Krenn (2018), uma inovação radical é complexa, pois comumente envolve mudanças não-tecnológica e diversos atores. Em virtude disso, a forma predominante de inovação consiste na inovação incremental, aproveitando parte das decisões usualmente aplicadas na indústria. A Tabela 3 apresenta pesquisas inovadoras sobre o tema.

Tabela 3: Inovações sobre Produção Mais Limpa.

Inovações sobre Produção Mais Limpa	Autores
1. O estudo é um dos primeiros, em escala internacional, que aborda sobre o impacto positivo dos investimentos em eficiência de recursos no desempenho das PMEs ( Pequenas e Médias empresas) em setores de uso intensivo de energia	Özbuğday et al.( 2020)
2. O estudo é umas das primeiras tentativas de averiguar a eficiência dos recursos na indústria manufatureira turca por meio de um escopo mais amplo. Além disso, a metodologia aplicada no trabalho é considerada a primeira e única, segundo os autores da pesquisa.	Özbilen et al. (2019)
3. O estudo permite obter uma compreensão mais abrangente e precisa da situação atual das emissões de carbono da Indústria de Papel e Celulose da China, quando comparado com estudos anteriores, que tendem a focar mais nas emissões de CO2 relacionadas à energia.	Y. Wang et al. (2016)
4. O estudo é considerado um dos primeiros trabalhos que utilizam óleo de semente de borracha para produção de biodiesel via reação de transesterificação em um reator de cavitação hidrodinâmica em escala piloto de 50 L de capacidade.	Bokhari et al. (2016)
5. O estudo é o primeiro dentro de um contexto europeu transnacional que trata das principais forças motrizes percebidas, práticas de gestão de energia e implantação de serviços de energia.	Thollander et al. (2013)
6. O estudo é o primeiro que explora o nexo entre fatores de distorção de mercado e a intensidade de emissão industrial, no contexto de uma economia emergente, por meio de uma estrutura analítica que considera os recursos e instituições.	Ji, (2020)
7. O estudo é o primeiro a tratar das instalações de eficiência energética no meio literário.	Ozturk et al., (2020b)

Fonte: Autores

Estas pesquisas abordam diferentes aspectos da inovação e possuem relação com o Manual de Oslo de 2018, que fornece orientações sobre como coletar, relatar e utilizar dados sobre inovações de produto e processo.

## 4 AGENDA E DIREÇÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Esse tópico abordará as recomendações de pesquisas futuras relacionadas com a manufatura, remanufatura e de modelos de negócios de Leasing Químico de forma a expor as recomendações relevantes, conforme organiza a Tabela 4.

No que diz respeito as atividades relacionadas com a manufatura há estudo que fornece informações sobre custos de energia (Mickovic & Wouters, 2020). Também é abordado sobre quais são os motivadores para promoção da manufatura verde nas pequenas e médias (PMEs) e grandes indústrias (Seth et al., 2018). Outro estudo aplicou uma estrutura analítica baseada em big data para indústrias de manufatura com uso intensivo de energia (Zhang et al., 2018). A gestão de energia na manufatura também é abordada por meio de uma revisão da literatura (May et al., 2017) e abordagem estruturada (Aughney & O'Donnell, 2015). Além disso, foi aplicado uma análise bibliométrica para averiguar a manufatura ecológica e estruturas similares (Sangwan & Mittal, 2015).

Tabela 4: Agenda e direções de pesquisas futuras.

Lacunas e proposições para pesquisas futuras relacionadas com a manufatura e remanufatura	Relevância
01. Deve-se estabelecer pesquisas no processo de remanufatura com intuito de auxiliar o gerenciamento de estoque.	Há incertezas no que diz respeito à qualidade dos produtos armazenados e o alto valor agregado de novos produtos. Diante desse contexto, é difícil avaliar de forma assertiva os benefícios ambientais e econômicos do reuso e da reciclagem.
02. Deve-se estabelecer pesquisas de previsão de demanda.	Há instabilidade da demanda por produtos de remanufatura.
03. No processo de remanufatura deve-se estabelecer pesquisas com intuito de desenvolver MPS (programação mestre de produção).	Não é possível padronizar o lead time das operações.
04. Deve-se estabelecer pesquisas com intuito de promover o Desenvolvimento de planejamento de capacidade para remanufatura.	Permite uma tomada de decisão mais assertiva em relação a necessidade de materiais.
05. Parametrizar o MRP (planejamento de requisitos de material)	Permite uma tomada de decisão mais assertiva em relação a necessidade de materiais.
06. Deve-se estabelecer uma compreensão mais profunda da gestão de devolução de material no MRP .	Promove a economia circular de resíduos por meio da reciclagem, reutilização e remanufatura.
07. Estimular o desenvolvimento de pesquisas, abordando a adoção de design de produto com foco na remanufatura;	Permite o alcance da ecoeficiência.

<b>Lacunas e proposições para pesquisas futuras relacionadas com a manufatura e remanufatura</b>	<b>Relevância</b>
08. Deve-se estabelecer pesquisas que incluam a análise do ciclo de vida do produto na gestão de estoque e planejamento e controle da produção.	Permite minimizar custos, desperdícios e consumo de eletricidade e água a partir do sequenciamento da carga.
09. Deve-se realizar estudos referente ao planejamento estratégico de produção para manufatura e remanufatura pela alta administração,	Permite o alcance da ecoeficiência.
10. Deve-se realizar estudos de planejamento mestre de produção agregado para a manufatura.	Promove menos troca de matérias-primas de diferentes características e reduz o tempo de preparação, desperdício e consumo de recursos naturais.
11. Deve-se realizar estudo de redução de papel na emissão e liberação de ordens de fabricação / remanufatura e montagem.	Possibilita ganhos econômicos e ambientais
12. Deve-se realizar pesquisas com o uso de manutenção preventiva total (TPM) na remanufatura.	Permite reduzir matérias-primas, resíduos, eletricidade e emissões
13. Deve-se usar o projeto auxiliado por computador (CAD) e manufatura auxiliada por computador (CAM) para desenvolver projeto implementado para o meio ambiente (DfE) e projeto para fabricação e montagem (DFMA) com eco-design.	Permite o alcance da ecoeficiência
14. Deve-se usar o método tambor-amortecedor-cabo (DBR) para identificar gargalos de produção,	Permite a projeção da capacidade de produção para minimizar o desperdício.
15. Deve-se implementar pesquisas com o uso do Kanban e Heijunka na manufatura.	Contribui para o controle do fluxo do sistema de produção, minimizando a manufatura de produtos desnecessários.
16. Deve-se adotar pesquisas de avaliação do programa e técnica de revisão (PERT) e método do caminho crítico (CPM) na manufatura e na remanufatura,	Permite a avaliação econômica e ambiental de projetos sustentáveis e o controle efetivo entre o início e o fim de cada ação
17. Deve-se desenvolver pesquisas que apliquem o fluxo de uma peça na fabricação e na remanufatura,	Permite uma minimização de recursos e lead time no atendimento, pois não é processado com lotes de produção, contribuindo para a ecoeficiência.
18. Deve-se usar a SMED (troca de dados em um minuto) / Configuração na remanufatura após o desenvolvimento do projeto do produto, considerando DfE e DFMA com eco-design.	Permite reduzir a desmontagem, reparo, montagem e teste.
19. Deve-se aplicar tecnologia de grupo ou manufatura celular para manufatura e remanufatura,	Permite reduzir o tempo para mover o layout da planta e pode fornecer economia de custos e recursos produtivos, incluindo a minimização das emissões de gases de efeito estufa.
20. Deve-se empregar o PPC (Planejamento e controle da Produção) nas decisões de remanufatura com áreas internas (desmontagem, separação de resíduos, reparo, montagem e teste) e externas (recicladores e gerenciamento de resíduos)	Contribui para a ecoeficiência.

<b>Lacunas e proposições para pesquisas futuras relacionadas com modelos de negócios de Leasing Químico</b>	<b>Relevância</b>
01. Deve-se estabelecer pesquisas para analisar as configurações institucionais e as circunstâncias nacionais que promovem uma mudança da venda tradicional de produtos químicos para a implementação de modelos de negócios de Leasing Químico	Há Lacunas na compreensão teórica e prática de modelos de negócios de Leasing Químico
02. Deve-se investigar melhor as limitações dos aspectos funcionais dos produtos químicos e os tamanhos de todos os parceiros envolvidos e possíveis soluções de como superar essas deficiências.	
03. Deve-se buscar uma melhor compreensão do papel da política ambiental em termos de proteção à proliferação do Leasing de Químicos.	
04 Deve-se identificar e avaliar soluções que abordem as deficiências aparentes de um envolvimento mais estreito entre o produtor e o usuário.	
05 Deve-se abordar as questão como os produtos químicos envolvidos podem ser otimizados ecologicamente no futuro.	
06. Deve-se avaliar o impacto do Leasing de Químicos é particularmente importante,	Permite proteger o meio ambiente dos efeitos adversos dos produtos químicos e formular políticas a partir da abordagem que atinge o maior impacto ambiental.
07. Deve-se compreender se o conceito de Leasing Químico pode ser facilmente estendido a outros campos, como o consumo de energia.	
08. Deve-se informar como modelos de negócio de leasing químico podem ser disseminados de forma mais ampla, com base na localização geográfica dos parceiros do Leasing Químico desempenha um papel.	Parceiros em potencial podem estar localizados muito longe uns dos outros, o que pode desestimular a introdução do Leasing de Produtos Químicos.

Fonte: Autores

Em relação aos modelos de leasing químico, foi realizada uma revisão sobre a implementação na última década desse tipo de negócio (Moser & Jakl, 2015). Também foi considerado a sua aplicação no México (Schwager & Moser, 2006) e foi feito um resumo sobre os projetos de pesquisa encomendados pelo Ministério Federal da Agricultura, Silvicultura, Meio Ambiente e Gestão da Água da Áustria (Perthen-Palmisano & Jakl, 2005).

## 5 CONCLUSÕES

O objetivo geral deste estudo foi apresentar um panorama mundial sobre o estado da arte da Produção Mais Limpa, de modo a promover uma visão abrangente sobre os principais tópicos da literatura consultada. A pesquisa alcançou o objetivo proposto, expondo os conceitos relacionados com a Produção Mais Limpa e compilando em uma definição mais abrangente.

Apesar de evidenciado que a quantidade de publicações sobre o tema está em ampla ascensão, certamente em virtude da preocupação mundial em desenvolver e utilizar práticas mais sustentáveis de produção, ainda se observa a existência de inúmeras barreiras que dificultam sua ampla adoção, uma vez que, organizacionalmente, as empresas tendem a focar mais em metas de produção e conformidade legal do que em práticas sustentáveis. Na perspectiva econômica, o investimento inicial pode não parecer tão vantajoso em comparação com outras opções de investimento. Na perspectiva financeira, pode haver falta de crédito e financiamento para projetos sustentáveis. Na perspectiva política, se constata a falta de políticas eficazes de incentivo à Produção Mais Limpa.

Para superar essas barreiras, são necessárias diretrizes específicas que percorrem desde abordagens simples até aquelas mais complexas. Por exemplo, simplificar a seleção de ações sustentáveis, fornecer orientações claras e aumentar a conscientização ambiental, podem ajudar a incorporar práticas sustentáveis nas organizações. Na outra ponta, a gestão eficiente de recursos, o uso de tecnologias sustentáveis e políticas mais rigorosas e regulamentações ambientais podem ser fundamentais para promover a Produção Mais Limpa. Em suma, para avançar na adoção da Produção Mais Limpa, é essencial abordar essas barreiras com uma variedade de estratégias e diretrizes específicas para cada contexto organizacional. Tais ações possuem potencial para garantir um progresso significativo em direção a práticas mais sustentáveis e responsáveis de produção.

Ao revisar as lacunas e proposições para pesquisas futuras, observa-se duas categorias principais de áreas de interesse: manufatura e remanufatura, e modelos de negócios de Leasing Químico. Na esfera da manufatura e remanufatura, destacam-se questões relacionadas ao gerenciamento de estoque, planejamento estratégico de produção, análise do ciclo de vida do produto, aplicação de tecnologia de grupo ou manufatura celular e o uso de projetos auxiliados por computador para desenvolver iniciativas ambientais e de fabricação mais limpa. Na esfera de modelos de negócios de Leasing Químico, a atenção se volta para aspectos institucionais e políticas, otimização e impacto ambiental, e disseminação e extensão. Compreender as configurações institucionais promotoras do Leasing Químico e avaliar seu impacto ambiental são elementos cruciais, assim como explorar sua aplicabilidade em setores diversos além da indústria química. Essas categorias delineiam áreas promissoras para futuras pesquisas, visando aprimorar práticas de produção sustentável e desenvolver modelos de negócios mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

## REFERÊNCIAS

- Abrizah, A., Zainab, A. N., Kiran, K., & Raj, R. G. (2013). LIS journals scientific impact and subject categorization: A comparison between Web of Science and Scopus. *Scientometrics*, 94(2), 721–740. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0813-7>
- Adriaanse, L. S., & Rensleigh, C. (2013). Web of science, scopus and google scholar a content comprehensiveness comparison. *Electronic Library*, 31(6), 727–744. <https://doi.org/10.1108/EL-12-2011-0174>
- Aghaei Chadegani, A., Salehi, H., Md Yunus, M. M., Farhadi, H., Fooladi, M., Farhadi, M., & Ale Ebrahim, N. (2013). A comparison between two main academic literature collections: Web of science and scopus databases. *Asian Social Science*, 9(5), 18–26. <https://doi.org/10.5539/ass.v9n5p18>

- Algieri, A., Zema, D. A., Nicotra, A., & Zimbone, S. M. (2020). Potential energy exploitation in collective irrigation systems using pumps as turbines: A case study in Calabria (Southern Italy). *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 257. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120538>
- Alkaya, E., & Demirer, G. N. (2014). Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 65, 595–603. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.008>
- Alkaya, E., & Demirer, G. N. (2015). Reducing water and energy consumption in chemical industry by sustainable production approach: a pilot study for polyethylene terephthalate production. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 99, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.087>
- Altham, W. (2007). Benchmarking to trigger cleaner production in small businesses: drycleaning case study. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 15(8–9), 798–813. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.07.005>
- Aughney, N., & O'Donnell, G. E. (2015). The energy saving opportunity in targeting non-value added manufacturing activities - a structured approach. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 86, 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.044>
- Aznar-Sánchez, J. A., Velasco-Muñoz, J. F., García-Gómez, J. J., & López-Serrano, M. J. (2018). The sustainable management of metals: An analysis of global research. *Metals*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/met8100805>
- Baban, A., Yediler, A., & Ciliz, N. K. (2010). Integrated Water Management and CP Implementation for Wool and Textile Blend Processes. *CLEAN-SOIL AIR WATER*, 38(1, SI), 84–90. <https://doi.org/10.1002/clen.200900102>
- Ban, Y. U., Jeong, J. H., & Jeong, S. K. (2016). Assessing the performance of carbon dioxide emission reduction of commercialized eco-industrial park projects in South Korea. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 114, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.083>
- Bello, M. M., Abdul Raman, A. A., & Purushothaman, M. (2017). Applications of fluidized bed reactors in wastewater treatment – A review of the major design and operational parameters. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1492–1514. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.148>
- Benedetti, M., Bonfà, F., Bertini, I., Introna, V., Salvatori, S., Ubertini, S., & Paradiso, R. (2019). Maturity-based approach for the improvement of energy efficiency in industrial compressed air production and use systems. *Energy*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.115879>
- Biswas, W. K. (2012). The importance of industrial ecology in engineering education for sustainable development. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABILITY IN HIGHER EDUCATION*, 13(2), 119–132. <https://doi.org/10.1108/14676371211211818>
- Bokhari, A., Chuah, L. F., Yusup, S., Klemes, J. J., Akbar, M. M., & Kamil, R. N. M. (2016). Cleaner production of rubber seed oil methyl ester using a hydrodynamic cavitation: optimisation and parametric study. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 136(B, SI), 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.091>
- Borzaga, C., Galera, G., C., F., E., S., J., H., S., B., C.S., D., Ho, W. H., Chang, C. S., Shih, Y. L., Liang, R. Da, Yang, C.-L., van de Vrande, V., de Jong, J. P. J., Vanhaverbeke, W., de Rochemont, M., Lambrou, M., Petrescu, C., Quinn, J. J., ... Schumkler, S. L. (2014). RATIONAL USE OF WATER IN A POULTRY SLAUGHTERHOUSE IN THE STATE OF PARANÁ, BRAZIL: A CASE STUDY ANA. *McKinsey Quarterly*, 2(1), 1–22. [http://wfa.ust.hk/women\\_matter\\_asia\\_files/Women\\_Matter\\_Asia.pdf](http://wfa.ust.hk/women_matter_asia_files/Women_Matter_Asia.pdf)<http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2014.01.052><https://www.mckinsey.com/featured-insights/leadership/the-leadership-journey-of-abraham-lincoln?cid=other-eml-alt-mkq-mck-oth-1805&hlkid=145b6>
- Castrillón-Mendoza, R., Rey-Hernández, J. M., & Rey-Martínez, F. J. (2020). Industrial decarbonization by a new energy-baseline methodology. Case study. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/su12051960>
- Chen, Z., & Nie, P. (2020). Implications of a cap-and-trade system for emission reductions under an asymmetric duopoly. *BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT*. <https://doi.org/10.1002/bse.2562>
- Christ, Katherine L. (2014). Water management accounting and the wine supply chain: Empirical evidence from Australia. *BRITISH ACCOUNTING REVIEW*, 46(4, SI), 379–396. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2014.10.003>
- Christ, Katherine Leanne, Burrirt, R., & Varsei, M. (2016). Towards environmental management accounting for trade-offs. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 7(3), 428–448. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-12-2015-0112>
- Cong, W., & Shi, L. (2019). Heterogeneity of industrial development and evolution of cleaner production: Bibliometric analysis based on JCLP. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 212, 822–836. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.024>

- de Souza Costa, I., Cardoso de Oliveira Neto, G., & Rodrigues Leite, R. (2020). How does the use of PPC tools/activities improve eco-efficiency? A systematic literature review. *Production Planning and Control*, 0(0), 1–23. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1743890>
- Dirckinck-Holmfeld, K. (2015). The options of local authorities for addressing climate change and energy efficiency through environmental regulation of companies. *Journal of Cleaner Production*, 98, 175–184. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.067>
- Dovì, V. G., Friedler, F., Huisingh, D., & Klemeš, J. J. (2009). Cleaner energy for sustainable future. *Journal of Cleaner Production*, 17(10), 889–895. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.02.001>
- Duić, N., Urbaniec, K., & Huisingh, D. (2015). Components and structures of the pillars of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 88, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.030>
- Enderle, P., Nowak, O., & Kvas, J. (2012). Potential alternative for water and energy savings in the automotive industry: case study for an Austrian automotive supplier. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 34(S1), 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.013>
- Filho, J. C., Nunhes, T. V., & Oliveira, O. J. (2019). Guidelines for cleaner production implementation and management in the plastic footwear industry. *Journal of Cleaner Production*, 232, 822–838. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.343>
- Forster, A. M., Válek, J., Hughes, J. J., & Pilcher, N. (2020). Lime binders for the repair of historic buildings: Considerations for CO2 abatement. *Journal of Cleaner Production*, 252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119802>
- Fresner, J., & Krenn, C. (2018). Theoretical minimum consumption calculation as starting point for cleaner production option identification as a new approach to benchmarking. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1946–1956. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.233>
- Gazi, A., Skevis, G., & Founti, M. A. (2012). Energy efficiency and environmental assessment of a typical marble quarry and processing plant. *Journal of Cleaner Production*, 32, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.007>
- Geng, Y. (2005). The role of pricing on integrated water management at the industrial park level: A case of TEDA. *WATER AND ENVIRONMENT JOURNAL*, 19(3), 256–263. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2005.tb01594.x>
- Ghannadzadeh, A., & Sadeqzadeh, M. (2016). Exergy analysis as a scoping tool for cleaner production of chemicals: a case study of an ethylene production process. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 129, 508–520. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.018>
- Govindan, K., Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2014). Impact of supply chain management practices on sustainability. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 85, 212–225. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.068>
- Gregorio, V. F., Pié, L., & Terceño, A. (2018). A systematic literature review of bio, green and circular economy trends in publications in the field of economics and business management. *Sustainability (Switzerland)*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/su10114232>
- Herrera, B., Amell, A., Chejne, F., Cacia, K., Manrique, R., Henao, W., & Vallejo, G. (2017). Use of thermal energy and analysis of barriers to the implementation of thermal efficiency measures in cement production: Exploratory study in Colombia. *Energy*, 140, 1047–1058. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.041>
- Hong, B., Li, X., Song, S., Chen, S., Zhao, C., & Gong, J. (2020). Optimal planning and modular infrastructure dynamic allocation for shale gas production. *APPLIED ENERGY*, 261. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114439>
- Huang, Y., Luo, J., & Xia, B. (2013). Application of cleaner production as an important sustainable strategy in the ceramic tile plant - a case study in Guangzhou, China. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 43, 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.013>
- Ji, Z. (2020). Does factor market distortion affect industrial pollution intensity? Evidence from China. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122136>
- Jia, F., Hubbard, M., Zhang, T., & Chen, L. (2019). Water stewardship in agricultural supply chains. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 235, 1170–1188. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.006>
- Katta, A. K., Davis, M., & Kumar, A. (2020). Assessment of greenhouse gas mitigation options for the iron, gold, and potash mining sectors. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118718>

- Khorasanizadeh, H., Honarpour, A., Park, M. S. A., Parkkinen, J., & Parthiban, R. (2016). Adoption factors of cleaner production technology in a developing country: Energy efficient lighting in Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 131, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.070>
- Kist, L. T., El Moutaqi, S., & Machado, E. L. (2009). Cleaner production in the management of water use at a poultry slaughterhouse of Vale do Taquari, Brazil: a case study. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 17(13), 1200–1205. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.04.006>
- Kliopova-Galickaja, I., & Kliaugaitė, D. (2018). VOC emission reduction and energy efficiency in the flexible packaging printing processes: analysis and implementation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(8), 1805–1818. <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1571-x>
- Kunz, N. C., Moran, C. J., & Kastle, T. (2013). Conceptualising “coupling{”} for sustainability implementation in the industrial sector: a review of the field and projection of future research opportunities. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 53, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.040>
- Kunz, N. C., Kastle, T., & Moran, C. J. (2017). Social network analysis reveals that communication gaps may prevent effective water management in the mining sector. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 148, 915–922. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.175>
- Kuppig, V. D., Cook, Y. C., Carter, D. A., Larson, N. J., Williams, R. E., & Dvorak, B. I. (2016). Implementation of sustainability improvements at the facility level: Motivations and barriers. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 139, 1529–1538. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.167>
- Lawania, K., & Biswas, W. K. (2018). Application of life cycle assessment approach to deliver low carbon houses at regional level in Western Australia. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 204–224. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1314-y>
- Lee, K.-H. (2012). Carbon accounting for supply chain management in the automobile industry. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 36(S1), 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.023>
- Lee, S. J., Alwi, S. R. W., Lim, J. S., & Manan, Z. A. (2014). Minimum water network design for fixed schedule and cyclic operation batch processes with minimum storage capacity and inter-connections. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 77, 65–78. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.061>
- Li, J., See, K. F., & Chi, J. (2019). Water resources and water pollution emissions in China’s industrial sector: A green-biased technological progress analysis. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 229, 1412–1426. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.216>
- Li, L.-L., Liu, Y.-W., Tseng, M.-L., Lin, G.-Q., & Ali, M. H. (2020). Reducing environmental pollution and fuel consumption using optimization algorithm to develop combined cooling heating and power system operation strategies. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119082>
- Li, W., Wang, Q., Jin, J., & Li, S. (2014). A life cycle assessment case study of ground rubber production from scrap tires. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(11), 1833–1842. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0793-3>
- Liu, Z., Guo, S., & Wang, L. (2019). Integrated green scheduling optimization of flexible job shop and crane transportation considering comprehensive energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 211, 765–786. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.231>
- Mahmoudi, R., Emrouznejad, A., Khosroshahi, H., Khashei, M., & Rajabi, P. (2019). Performance evaluation of thermal power plants considering CO2 emission: A multistage PCA, clustering, game theory and data envelopment analysis. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 223, 641–650. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.047>
- Man, Y., Hong, M., Li, J., Yang, S., Qian, Y., & Liu, H. (2017). Paper mills integrated gasification combined cycle process with high energy efficiency for cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, 156, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.228>
- Martínez-Zarzoso, I., Bengochea-Morancho, A., & Morales-Lage, R. (2019). Does environmental policy stringency foster innovation and productivity in OECD countries? *Energy Policy*, 134(August), 110982. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110982>
- Matus, K. J. M., Xiao, X., & Zimmerman, J. B. (2012). Green chemistry and green engineering in China: drivers, policies and barriers to innovation. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 32, 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.03.033>

- May, G., Stahl, B., Taisch, M., & Kiritsis, D. (2017). Energy management in manufacturing: From literature review to a conceptual framework. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, *167*, 1464–1489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.191>
- Mehdizadeh-Fard, M., Pourfayaz, F., Mehrpooya, M., & Kasaeian, A. (2018). Improving energy efficiency in a complex natural gas refinery using combined pinch and advanced exergy analyses. *Applied Thermal Engineering*, *137*(February), 341–355. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.03.054>
- Mendoza, J. M. F., Popa, S. A., D'Aponte, F., Gualtieri, D., & Azapagic, A. (2019). Improving resource efficiency and environmental impacts through novel design and manufacturing of disposable baby diapers. *Journal of Cleaner Production*, *210*, 916–928. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.046>
- Mestl, H. E. S., Aunan, K., Fang, J., Seip, H. M., Skjelvik, J. M., & Vennemo, H. (2005). Cleaner production as climate investment - Integrated assessment in Taiyuan City, China. *Journal of Cleaner Production*, *13*(1), 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.08.005>
- Mickovic, A., & Wouters, M. (2020). Energy costs information in manufacturing companies: A systematic literature review. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, *254*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119927>
- Mikulčić, H., Klemeš, J. J., Vujanović, M., Urbanec, K., & Duić, N. (2016). Reducing greenhouse gasses emissions by fostering the deployment of alternative raw materials and energy sources in the cleaner cement manufacturing process. *Journal of Cleaner Production*, *136*, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.145>
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, *106*(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Moser, F., & Jakl, T. (2015). Chemical leasing—a review of implementation in the past decade. *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH*, *22*(8), 6325–6348. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3879-3>
- Munguia, N., Esquer, J., Guzman, H., Herrera, J., Gutierrez-Ruelas, J., & Velazquez, L. (2020). Energy Efficiency in Public Buildings: A Step toward the UN 2030 Agenda for Sustainable Development. *SUSTAINABILITY*, *12*(3). <https://doi.org/10.3390/su12031212>
- Mustapha, M. A., Manan, Z. A., & Wan Alwi, S. R. (2017). Sustainable Green Management System (SGMS) – An integrated approach towards organisational sustainability. *Journal of Cleaner Production*, *146*, 158–172. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.033>
- Neri, A., Cagno, E., Di Sebastiano, G., & Trianni, A. (2018). Industrial sustainability: Modelling drivers and mechanisms with barriers. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, *194*, 452–472. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.140>
- Nhapi, I., & Gijzen, H. J. (2005). A 3-step strategic approach to sustainable wastewater management. *WATER SA*, *31*(1), 133–140.
- Nhapi, I., & Hoko, Z. (2004). A cleaner production approach to urban water management: potential for application in Harare, Zimbabwe. *PHYSICS AND CHEMISTRY OF THE EARTH*, *29*(15–18), 1281–1289. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2004.09.032>
- Nižetić, S., Djilali, N., Papadopoulos, A., & Rodrigues, J. J. P. C. (2019). Smart technologies for promotion of energy efficiency, utilization of sustainable resources and waste management. *Journal of Cleaner Production*, *231*, 565–591. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.397>
- Özbilen, Ş. K., Rende, K., Kılıçaslan, Y., Karal Önder, Z., Önder, G., Töngür, Ü., Tosun, C., Durmuş, Ö., Atalay, N., Aytekin Keskin, B., Dönmez, N., & Aras, G. (2019). Prediction of the resource-efficient potential of Turkish manufacturing industry: a country-based study. *Clean Technologies and Environmental Policy*, *21*(5), 1013–1037. <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01689-x>
- Özbuğday, F. C., Fındık, D., Metin Özcan, K., & Başçı, S. (2020). Resource efficiency investments and firm performance: Evidence from European SMEs. *Journal of Cleaner Production*, *252*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119824>
- Ozer, B., & Guven, B. (n.d.). Energy efficiency analyses in a Turkish fabric dyeing factory. *ENERGY SOURCES PART A-RECOVERY UTILIZATION AND ENVIRONMENTAL EFFECTS*. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1755392>
- Ozturk, E., Cinperi, N. C., & Kitis, M. (2020a). Improving energy efficiency using the most appropriate techniques in an integrated woolen textile facility. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, *254*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120145>
- Ozturk, E., Cinperi, N. C., & Kitis, M. (2020b). Improving energy efficiency using the most appropriate techniques in an integrated woolen textile facility. *Journal of Cleaner Production*, *254*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120145>

- Perthen-Palmisano, B., & Jakl, T. (2005). Chemical leasing - Cooperative business models for sustainable chemicals management. *Environmental Science and Pollution Research*, 12(1), 49–53.
- Petek, J., Glavič, P., & Kostevšek, A. (2016). Comprehensive approach to increase energy efficiency based on versatile industrial practices. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2813–2821. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.046>
- Prieto, M. A., Murado, M. A., Bartlett, J., Magette, W. L., & Curran, T. P. (2015). Mathematical model as a standard procedure to analyze small and large water distribution networks. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 106, 541–554. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.011>
- Rehmatulla, N., & Smith, T. (2015). Barriers to energy efficiency in shipping: A triangulated approach to investigate the principal agent problem. *Energy Policy*, 84, 44–57. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.04.019>
- Reijnders, L. (2003). Policies influencing cleaner production: the role of prices and regulation. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 11(3), 333–338. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00027-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00027-6)
- Ros-Dosdá, T., Fullana-i-Palmer, P., Mezquita, A., Masoni, P., & Monfort, E. (2018). How can the European ceramic tile industry meet the EU's low-carbon targets? A life cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 199, 554–564. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.176>
- Sangwan, K. S., & Mittal, V. K. (2015). A bibliometric analysis of green manufacturing and similar frameworks. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 26(4), 566–587. <https://doi.org/10.1108/MEQ-02-2014-0020>
- Scarpellini, S., Marín-Vinuesa, L. M., Portillo-Tarragona, P., & Moneva, J. M. (2018). Defining and measuring different dimensions of financial resources for business eco-innovation and the influence of the firms' capabilities. *Journal of Cleaner Production*, 204, 258–269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.320>
- Schwager, P., & Moser, F. (2006). The application of chemical leasing business models in Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, 13(2), 131–137. <https://doi.org/10.1065/espr2006.02.294>
- Seth, D., Rehman, M. A. A., & Shrivastava, R. L. (2018). Green manufacturing drivers and their relationships for small and medium(SME) and large industries. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 198, 1381–1405. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.106>
- Shen, L., Li, X., Lindberg, D., & Taskinen, P. (2019). Tungsten extractive metallurgy: A review of processes and their challenges for sustainability. *MINERALS ENGINEERING*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2019.105934>
- Shi, K. N., Ren, J. X., Wang, S. B., Liu, N., Liu, Z. M., Zhang, D. H., & Lu, W. F. (2019). An improved cutting power-based model for evaluating total energy consumption in general end milling process. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 231, 1330–1341. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.323>
- Soepardi, A., & Thollander, P. (2018). Analysis of Relationships among Organizational Barriers to Energy Efficiency Improvement: A Case Study in Indonesia's Steel Industry. *SUSTAINABILITY*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/su10010216>
- Soriano, L., & Rubió, J. (2019). Impacts of Combined Sewer Overflows on surface water bodies. The case study of the Ebro River in Zaragoza city. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.033>
- Spriet, J., McNabola, A., Neugebauer, G., Stoeglehner, G., Ertl, T., & Kretschmer, F. (2020). Spatial and temporal considerations in the performance of wastewater heat recovery systems. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 247. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119583>
- Thollander, P., Backlund, S., Trianni, A., & Cagno, E. (2013). Beyond barriers - A case study on driving forces for improved energy efficiency in the foundry industries in Finland, France, Germany, Italy, Poland, Spain, and Sweden. *APPLIED ENERGY*, 111, 636–643. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.036>
- Thomé, A. C. B., Santos, P. G., & Fisch, A. G. (2019). Using rainwater in cooling towers: Design and performance analysis for a petrochemical company. *Journal of Cleaner Production*, 224, 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.249>
- Trianni, A., Cagno, E., & Neri, A. (2017). Modelling barriers to the adoption of industrial sustainability measures. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 168, 1482–1504. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.244>
- Ulgianti, S., Fiorentino, G., Raugei, M., Schnitzer, H., & Lega, M. (2019). Cleaner production for human and environmental well-being. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117779>
- Unver, U., & Kara, O. (2019). Energy efficiency by determining the production process with the lowest energy consumption in a steel forging facility. *Journal of Cleaner Production*, 215, 1362–1370. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.168>

- Urbaniec, K., Mikulcic, H., Wang, Y., & Duic, N. (2018). System integration is a necessity for sustainable development. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 195, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.178>
- Van Hoof, B., & Lyon, T. P. (2013). Cleaner production in small firms taking part in Mexico's sustainable supplier program. *Journal of Cleaner Production*, 41, 270–282. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.023>
- Walmsley, T. G., Varbanov, P. S., Su, R., Ong, B., & Lal, N. (2018). Frontiers in process development, integration and intensification for circular life cycles and reduced emissions. *Journal of Cleaner Production*, 201, 178–191. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.041>
- Wang, B., Liang, Y., & Yuan, M. (2019). Water transport system optimisation in oilfields: Environmental and economic benefits. *Journal of Cleaner Production*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117768>
- Wang, T., Wen, Y., & Lin, B. (2020). Energy consumption and the influencing factors in China: A nonlinear perspective. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119375>
- Wang, Y., Liu, J., Hansson, L., Zhang, K., & Wang, R. (2011). Implementing stricter environmental regulation to enhance eco-efficiency and sustainability: A case study of Shandong Province's pulp and paper industry, China. *Journal of Cleaner Production*, 19(4), 303–310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.006>
- Wang, Y., Yang, X., Sun, M., Ma, L., Li, X., & Shi, L. (2016). Estimating carbon emissions from the pulp and paper industry: A case study. *APPLIED ENERGY*, 184, 779–789. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.026>
- Weinberger, N., Jörissen, J., & Schippl, J. (2012). Foresight on environmental technologies: Options for the prioritisation of future research funding - Lessons learned from the project "Roadmap Environmental Technologies 2020+." *Journal of Cleaner Production*, 27(2012), 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.038>
- Weißfloch, U., & Geldermann, J. (2016). Assessment of product-service systems for increasing the energy efficiency of compressed air systems. *European Journal of Industrial Engineering*, 10(3), 341–366.
- Xu, C., Cheng, H., & Liao, Z. (2018). Towards Sustainable Growth in the Textile Industry: A Case Study of Environmental Policy in China. *POLISH JOURNAL OF ENVIRONMENTAL STUDIES*, 27(5), 2325–2336. <https://doi.org/10.15244/pjoes/79720>
- Yang, K., Liu, S., He, C., Zhang, B., Chen, Q., & Pan, M. (2020). Improving energy saving of crude oil distillation units with optimal operations. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121340>
- Zaneti, R., Etchepare, R., & Rubio, J. (2012). More environmentally friendly vehicle washes: water reclamation. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 37, 115–124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.06.017>
- Zarghami, E., & Fatourehchi, D. (2020). Comparative analysis of rating systems in developing and developed countries: A systematic review and a future agenda towards a region-based sustainability assessment. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120024>
- Zhang, Y., Ma, S., Yang, H., Lv, J., & Liu, Y. (2018). A big data driven analytical framework for energy-intensive manufacturing industries. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 197(1), 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.170>
- Zhao, R., Zhou, X., Han, J., & Liu, C. (2016). For the sustainable performance of the carbon reduction labeling policies under an evolutionary game simulation. *Technological Forecasting and Social Change*, 112, 262–274. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.008>
- Zilahy, G. (2004). Organisational factors determining the implementation of cleaner production measures in the corporate sector. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 12(4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(03\)00016-7](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(03)00016-7)